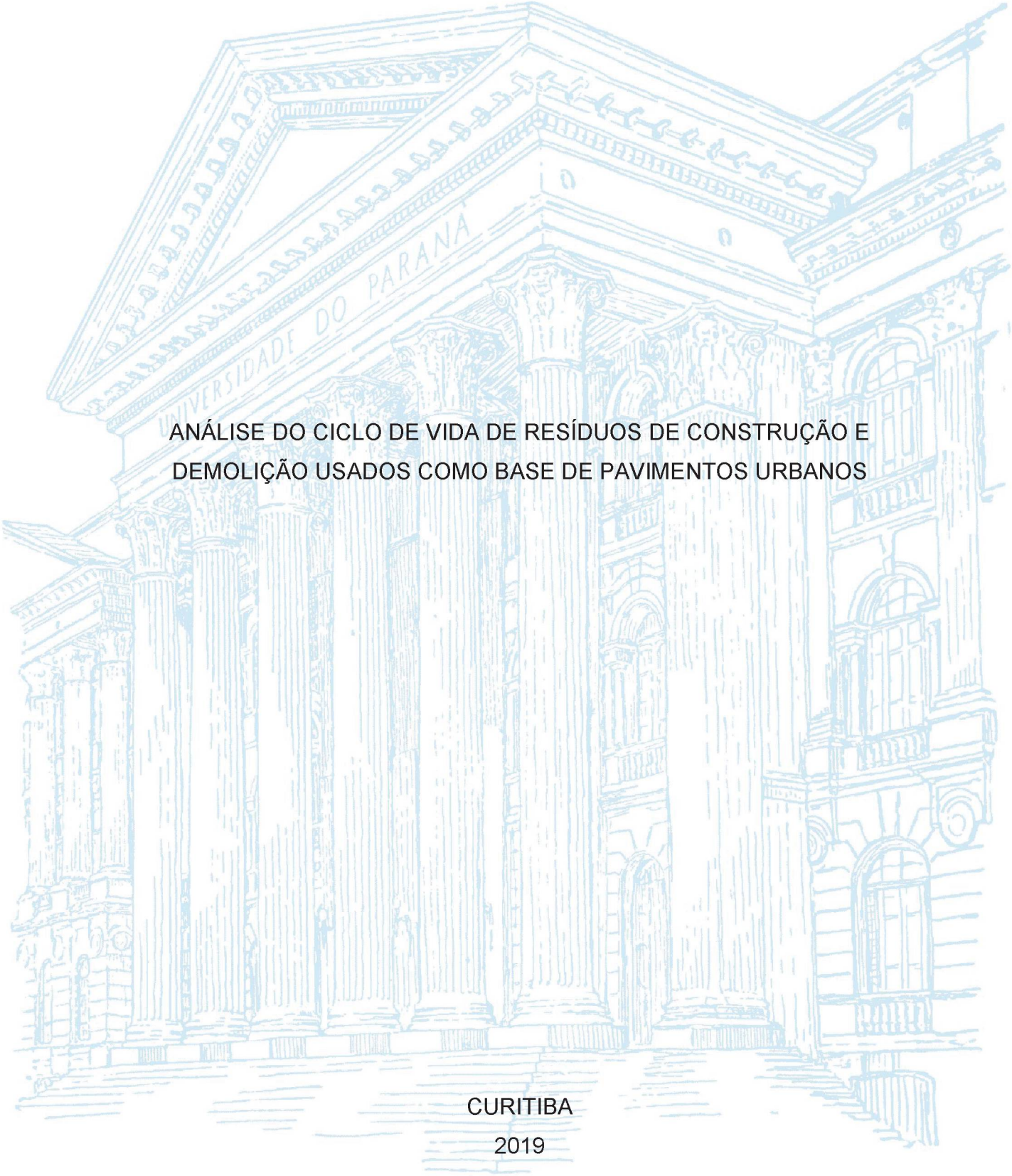
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AMANDA DOMINGUES SCHAFHAUSER



ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO USADOS COMO BASE DE PAVIMENTOS URBANOS

CURITIBA

2019

AMANDA DOMINGUES SCHAFHAUSER

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO USADOS COMO BASE DE PAVIMENTOS URBANOS

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial, no curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alvaro Luiz Mathias
Coorientadora: Dra. Karina Guedes Cubas do Amaral

CURITIBA

2019

Catalogação na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

S296a Schafhauser, Amanda Domingues
Análise do ciclo de vida de resíduos de construção e demolição usados como base de pavimentos urbanos [recurso eletrônico] / Amanda Domingues Schafhauser. – Curitiba : UFPR, 2019.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, 2019.

Orientador: Alvaro Luiz Mathias. Coorientadora: Karina Guedes Cubas do Amaral.

1. Resíduos como material de construção. 2. Construção civil. 3. Sustentabilidade. I. Universidade Federal do Paraná. II. Mathias, Alvaro Luiz. III. Amaral, Karina Guedes Cubas do. IV. Título.

CDD: 628.44

Bibliotecária: Vanusa Maciel CRB- 9/1928

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MEIO AMBIENTE
URBANO E INDUSTRIAL - 40001016057P5

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em MEIO AMBIENTE URBANO E INDUSTRIAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **AMANDA DOMINGUES SCHAFHAUSER** intitulada: **ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO USADOS COMO BASE DE PAVIMENTOS URBANOS**, sob orientação do Prof. Dr. ALVARO LUIZ MATHIAS, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 25 de Outubro de 2019.

ALVARO LUIZ MATHIAS
Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

MARCELL MARIANO CORRÊA MACENO
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

MÔNICA BEATRIZ KOLICHESKI
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

A Deus, que permaneceu sempre ao meu lado dando-me coragem e força para vencer todos os obstáculos e alcançar os meus objetivos.

Aos meus pais, Ronaldo e Marili, por serem meu porto seguro e me darem apoio e incentivo em todas as etapas da minha vida.

A minha irmã Jéssica pela companhia nas horas de estudo e na vida.

Ao meu orientador Professor Dr. Alvaro L. Mathias pela oportunidade da orientação que associada a críticas, incentivos e sugestões foram pilares fundamentais para o desenvolvimento do estudo e por toda a paciência que teve comigo.

A minha coorientadora, Dra. Karina G. C. do Amaral, pelas excelentes contribuições e ideias na discussão dos resultados.

Ao Sr. Felipe Lion Motta da ACV Brasil que disponibilizou o uso do software SimaPro, essencial ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos que fiz no mestrado e àqueles que me acompanham durante todos os momentos da vida.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial e seus parceiros (UFPR, SENAI e Universidade de Stuttgart), pela dedicação, pelos conhecimentos transmitidos.

E por fim, agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram com a realização deste trabalho.

RESUMO

A construção civil é responsável por relevantes impactos prejudiciais ao meio ambiente, seja devido ao consumo intensivo de recursos naturais ou a geração de grandes quantidades de resíduos sólidos. A maior parte dos resíduos deste setor no Brasil é destinada a aterro, com alto custo, ou sofrem descartes irregulares. Uma solução sustentável para minimizar seus danos ambientais é a aplicação de reciclagem. O objetivo deste estudo foi avaliar comparativamente os impactos deletérios do uso da fração cimentícia ou Classe A (RCDrA) do resíduo de construção e demolição (RCD) reciclado como matéria-prima secundária para pavimentação urbana em substituição do agregado natural. Essa metodologia com base na ISO 14040 e ISO 14044 utilizou 1 tonelada como unidade funcional para produção de agregado natural e RCDrA. Os dados primários (transporte, consumo de energia, matéria-prima, combustível e explosivo) da usina de reciclagem de RCD e da pedreira da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), bem como secundários disponíveis na literatura (emissões atmosféricas) e da base de dados *ecoinvent*® (produção de aço, reaproveitamento de madeira como combustível e disposição de Inerte em aterro) foram usados dentro de um cenário real. O trajeto do resíduo foi de sua geração no marco zero da cidade e retorno após tratamento e segregação e seu impacto foi comparado a produção e transporte de agregado natural ao marco zero do município. Assim, RCD tipo A apresentava segregação parcial na fonte e continha 97,0% de resíduos do tipo classe A, 2% de madeira, 0,30% aço e 0,47% de resíduos inviáveis de reciclagem. A madeira foi considerada fonte energética, o aço reciclável e o resíduo não reciclável encaminhado a aterro sanitário. Não foram considerados os efluentes líquidos para nenhum dos processos. A reciclagem em relação à extração de agregado, avaliadas pelo método IMPACT 2002+ revelou mitigação em todas as categorias, sendo que foi mais relevante para Acidificação Terrestre, Aquecimento Global, Efeitos Respiratórios Inorgânicos, Efeitos Respiratórios Orgânicos, Ecotoxicologia Aquática, Ecotoxicologia Terrestre e Radiação Iônica. A reciclagem do RCD tipo A reduz o efeito deletério para todas as categorias avaliadas; por exemplo, evita a emissão de 5,87 kg dióxido de carbono e de 142 MJ de energia não renovável por tonelada. Além disso, demonstra ser benéfica principalmente para a saúde humana, permitindo minimização do consumo de energia e da exposição a poluentes essenciais. O uso do agregado natural é recomendado caso a distância entre a usina de reciclagem e o local de uso do material seja superior a 250 km. Este fato aliado à capacidade de produção e processamento de RCDr deve ser uma diretriz no processo de tomada de decisão do cenário paranaense e, possivelmente, de todo Brasil, indicando locais com potencial de instalação de usinas visando o crescimento do setor de reciclagem deste material. Estudos com outras fontes de dados devem ser realizados para validação dos resultados e adequação a realidades locais distintas.

Palavras-chave: Planejamento ambiental. Gestão pública. Minimização de resíduos. Valorização de resíduo. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Civil construction is responsible for significant harmful impacts on the environment, whether due to the intensive consumption of natural resources or the generation of large quantities of solid waste. Most of this waste is destined for landfill, with high cost, or suffer irregular discharges. A sustainable solution to minimize its environmental damage is the application of recycling and circular economy. The aim of this study was to apply life-cycle analysis to comparatively assess the deleterious impacts of using cement or fraction A (CDWrA) from recycled construction and demolition waste (CDW) as a secondary raw material for urban paving to replace crushed stone from nature. This methodology based on ISO 14040 and ISO 14044 used 1 ton as a functional unit for crushed stone from nature and CDWrA production. Primary data (transportation, energy consumption, raw material, fuel and explosive) from the CDW recycling plant and quarry of the Curitiba Metropolitan Region (RMC), as well as secondary data available in the literature (atmospheric emissions) and from the ecoinvent® (steel production, reuse of wood as fuel, inert waste disposal) database were used within a real scenario. The route of the waste was generated at zero point in the city and returned after treatment and segregation and its impact was compared to the production and transport of natural aggregate at zero point in the city. Thus, RCD type A showed partial segregation at the source and contained 97.0% class A type waste, 2% wood, 0.30% steel and 0.47% non-recyclable waste. Wood was considered an energy source, steel was recyclable and non-recyclable waste sent to landfill. Liquid effluents were not considered for any of the processes. Recycling in relation to aggregate extraction, evaluated by the IMPACT 2002+ method, showed mitigation in all categories, being more relevant for Terrestrial Acidification, Global Warming, Inorganic Respiratory Effects, Organic Respiratory Effects, Aquatic Ecotoxicology, Terrestrial Ecotoxicology and Ionic Radiation. RCD recycling reduces the deleterious effect for all categories. For example, it avoids the emission of 5.87 kg of carbon dioxide and 142 MJ of non-renewable energy per ton. In addition, it has significant benefits for human health, to this end it is essential minimizing energy consumption and exposure a pollutants. The use of crushed stone from nature is recommended only if the distance between the recycling plant and the place where de materials are used is greater than 250 km. This fact, coupled with the production and processing capacity of CDWr should be a guideline in the decision making process in the Paraná scenario and, possibly, of all Brazil, indicating places with the potential to install more industrial unit for the recycling of this material. Studies with other data sources should be performed to validate the results and to adapt them to different local realities.

Keywords: Environmental planning. Public administration. Minimization of waste. Waste recovery. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE SIGLAS, SIMBOLOS E ABREVIATURAS.

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	- Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção
ABRELPE	- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACR	- Agregado Reciclado de Concreto
ACV	- Análise do Ciclo de Vida
AgrNat	- Agregado Natural
AICV	- Avaliação de Impactos do ciclo de vida
Al	- Alumínio
ARM	- Agregado Reciclado Misto
BMCC	- *Building Material and Component Combinations*
BqC-14eq	- Becquerel de carbono 14 equivalente
CH_4	- Metano
CO	- Monóxido de Carbono
CO_2	- Dióxido de Carbono
CONAMA	- Conselho Nacional de Meio Ambiente
Cu	- Cobre
Cum	- Cumulativa
DMC	- Diâmetro Máximo característico
FS_6	- Hexafluoreto de Enxofre
g	- Grama
g/t	- Grama por tonelada
GJ	- Giga Joule
h/dia	- Horas por dia
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICV	- Inventário do ciclo de vida
IMPACT	- *Impact Assessment of Chemical Toxics*
ISO	- *International Organization for Standartization*
kg	- Quilograma
kg/hab.ano	- Quilograma por habitante ano
kg/m^3	- Quilograma por metro cúbico

kg/t - Quilograma por tonelada

kgC_2H_3Cleq - Quilograma de cloroetano equivalente

kgC_2H_4eq - Quilograma de etileno equivalente

$kgCO_2eq$ - Quilograma de dióxido de carbono equivalente

$kgPM_{2,5}eq$ - Quilograma de material particulado equivalente

$kgPO_4P$-lim - Quilograma de fosfato limitante equivalente

$kgSO_2eq$ - Quilograma de dióxido de enxofre equivalente

kgTEGsoil - Quilograma de trietileno glicol equivalente no solo

kgTEGwater - Quilograma de trietileno glicol equivalente na água

km - Quilómetro

kV - Quilovolt

kWh - Quilo watt hora

L/mês - Litro por mês

m^2 - Metro quadrado

m^2a - Metro Quadrado área

m^2org. arable- Metro quadrado de terra arável orgânica

m^3/ mês - Metro cúbico por mês

MJ - Mega Joule

MJ/t - Mega joule por tonelada

Mm^3 - Milhões de metros cúbicos

N_2O - Óxido Nitroso

NBR - Norma Brasileira

Ni - Níquel

NMVOC - Compostos Orgânicos Voláteis não metânicos

NO_x - Óxidos de Nitrogênio

person*year - pessoa ano

PR - Paraná

Pt - Pontuação única

RCD - Resíduo da Construção e Demolição

RCDr - Reciclado de Resíduo da Construção e Demolição

RCDrA - Classe A do reciclado de Resíduo da Construção Civil

RCDrB - Classe B do reciclado de Resíduo da Construção Civil

SO - Monóxido de Enxofre

SO_2 - Dióxido de Enxofre

tkm	- Tonelada-quilómetro
t	- Tonelada
t/h	- Tonelada por hora
UF	- Unidade Funcional
VOC	- Compostos Orgânicos Voláteis
WPC	- *Whole Process of the Construction*
Zn	- Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é conhecida por gerar uma enorme quantidade de resíduos sólidos, denominados Resíduo de Construção e Demolição (RCD). Esses são classificados em quatro classes, sendo que a "A" são resíduos reutilizáveis e/ou recicláveis como agregado (BRASIL, 2002), como foi detalhado. Em 2017, aproximadamente 45,0 milhões de toneladas de RCD foram gerados no Brasil (ABRELPE, 2018), sendo que podem representar de 20 a 30% de todos os resíduos sólidos urbanos produzidos em um país (ABRECON, 2015). Essa estimativa corresponde apenas ao resíduo coletado em logradouros públicos. Logo, não estão inclusos os resíduos vindos da iniciativa privada ou dos geradores informais, os quais contribuem significativamente no montante de RCD em um município, principalmente no Brasil (BRASILEIRO e MATOS, 2015).

A geração dos resíduos sólidos para a construção civil começa muito antes da construção do empreendimento em si. A construção civil demanda a produção de insumos, os quais precisam ser previamente lavrados e preparados para sua utilização na obra (LAI et al., 2016).

Assim, o setor da construção civil se destaca pelo consumo excessivo de recursos naturais em seus processos de produção. Esse consumo pode alcançar até 50% de todos os recursos naturais consumidos pela sociedade (PAZ e LAFAYETTE, 2016).

Atualmente, a principal solução de gerenciamento de RCD nos municípios brasileiros é baseada na coleta e disposição em aterro. Isto é atribuído a questões políticas, baixa conscientização da população, recebimento de valores significativos por empresas contratadas para os serviços de remoção e por fim pouca fiscalização para coibir o descarte irregular deste tipo de material (SANTOS et al., 2015), inclusive como ocorre em Curitiba (MATHIAS et al., 2017).

A disposição de Resíduos de Construção e Demolição recicláveis (RCDr) em aterros não é uma boa opção, sendo agravada pelas grandes

quantidades geradas, e associado à demanda excessiva dos recursos naturais torna o setor da construção civil responsável por intensos impactos negativos, sejam sociais, econômicos ou ambientais (MATHIAS et al., 2017).

Visto isso, soluções rápidas e eficazes de gerenciamento de uso de matérias-primas e o descarte dos resíduos são imprescindíveis para minimizar impactos deletérios da atividade. Para tal, a avaliação de ciclo de vida (ACV) é proposta para apoiar tomadas de decisões científicas de modo a obter o desenvolvimento sustentável. Isto pode permite a utilização racional de recursos naturais, fazendo com que eles não sejam desperdiçados ou esgotados em curto ou em longo prazo. Por exemplo, o RCD pode ser aplicado como base e sub-base de pavimentos reduzindo a sua destinação a aterros e diminuindo a demanda de produção de agregados naturais (MATHIAS et al., 2017).

Diversos autores (ÖZALP et al., 2016; PEDRO et al., 2014; CARDOSO et al., 2016; MARTINÉZ et al., 2016) relatam que a fração classe A (como agregados, cimentícios e cerâmicos) do RCDr, representado pela fração reciclável (classe A e classe B) dos RCD, pode ser usada como matéria-prima secundária em serviços de engenharia e seu desempenho mecânico pode ser considerado semelhante aos agregados naturais usados. A produção de concreto e argamassa (KUMAR, 2017; MARTINÉZ et al., 2016), fabricação de pré-moldados não estruturais (VALDÉS et al., 2018), serviços de drenagem (ROQUE et al., 2016), aterramento de dutos (RAHMAN et al., 2014), construção de pavimentos e utilização em asfaltos (OSSA et al., 2016; BORGHI et al., 2018), entre outros, são exemplos de suas aplicabilidades.

Neste contexto, a utilização de RCDr classe A (RCDrA) apresenta grande potencial como matéria-prima secundária para substituição de agregados naturais para compor as camadas de base e sub-base dos pavimentos urbanos. Esta filosofia é reforçada pela crescente necessidade de infraestrutura, por limitação de recursos naturais ou pela necessidade de destinação adequada dos entulhos com despesas aceitáveis.

Outras vantagens são facilmente estimadas, como minimização de custos de produção de agregados devido a menores preços de insumo (BRASILEIRO e MATOS, 2015). Lembrando que o custo de destinação a aterro deixa de existir e a reciclagem do RCDrA pode, até, inferir valor monetário positivo a estes resíduos, desde que sejam previamente separados adequadamente (PAIVA, 2016). Para tal, os diversos efeitos deletérios da produção de matéria-prima para base e sub-base de pavimento urbano podem ser menores com o emprego de RCDrA do que o uso de agregado natural, sendo que este estudo avaliou a veracidade desta hipótese com uso de ACV e dados obtidos na região metropolitana de Curitiba.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar a realização de ACV de resíduo sólido classe A de Construção e Demolição (RCDrA) como base ou sub-base de pavimento urbano para a região metropolitana de Curitiba.

2.2 ESPECÍFICOS

a) Gerar banco de dados para os processos para os sistemas de produção de agregados naturais e de RCDrA;

b) Visitar usina de reciclagem de RCDrA e mineradora de extração de agregados naturais da região metropolitana de Curitiba;

c) Simular a produção de agregados naturais e da reciclagem de RCDrA;

d) Definir limitações e perspectivas dos cenários propostos com condições hipotéticas;

e) Gerar informações para tomada de decisões com base cientifica de gestão focada em sustentabilidade ambiental da reciclagem do agregado.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

3.1.1 Classificação

Os resíduos da construção e demolição (RCD) têm sido vistos como resíduos de baixa periculosidade, exceto para classe D1. Seu impacto antrópico geralmente está associado ao grande volume gerado e a disposição irregular. Isto pode criar demanda de recursos municipais e gerar problemas de ordem estética, ambiental e de saúde pública. (MATHIAS et al., 2017).

Conforme a definição apresentada pela Resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002, p. 1), estes resíduos são:

> [...] os provenientes de construção, reformas, reparo e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concretos em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc... comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

O RCD é subdividido em quatro classes (QUADRO 1 e FIGURA 1) de acordo com suas características e os processos que lhes deram origem (BRASIL, 2002):

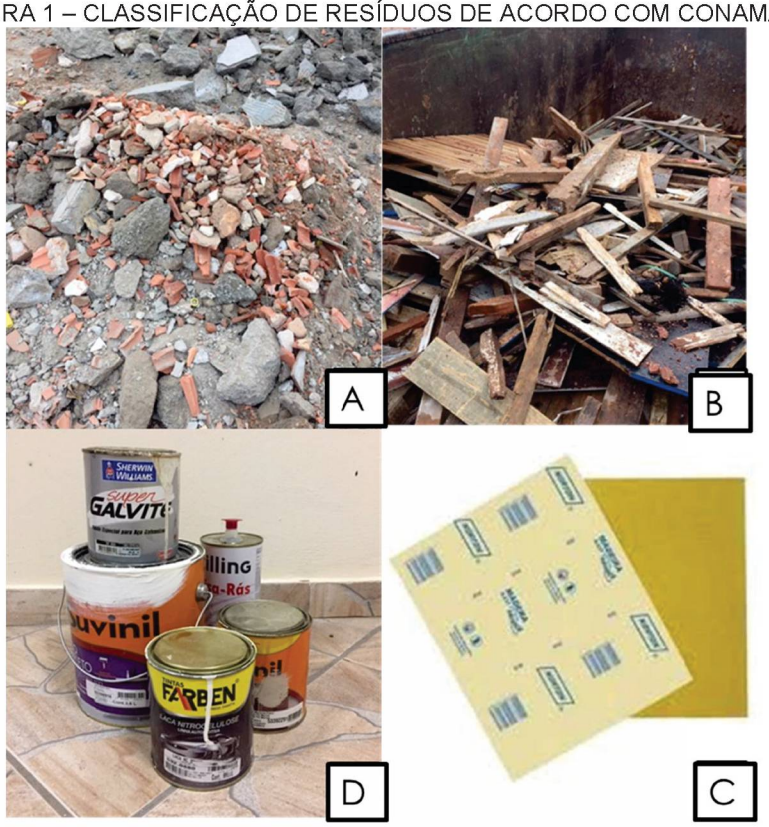
QUADRO 1 – CLASSES DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL SEGUNDO CONAMA 307

CLASSES	CARACTERÍSTICAS
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tijolos, argamassa, concreto, areia, pedra e telha.
B	Resíduos recicláveis, como plásticos, papéis, papelões, metais, vidros, madeiras e gesso;
C	Resíduos sem tecnologias ou aplicações de reciclagem e recuperação economicamente viáveis, como lixas, massa corrida, massa de vidro,
D	Resíduos perigosos, como tintas, solventes e óleos.

FONTE: Adaptado de BRASIL (2002)

[1] Os resíduos classe D apresentam periculosidade por estarem contaminados ou serem prejudiciais à saúde humana.

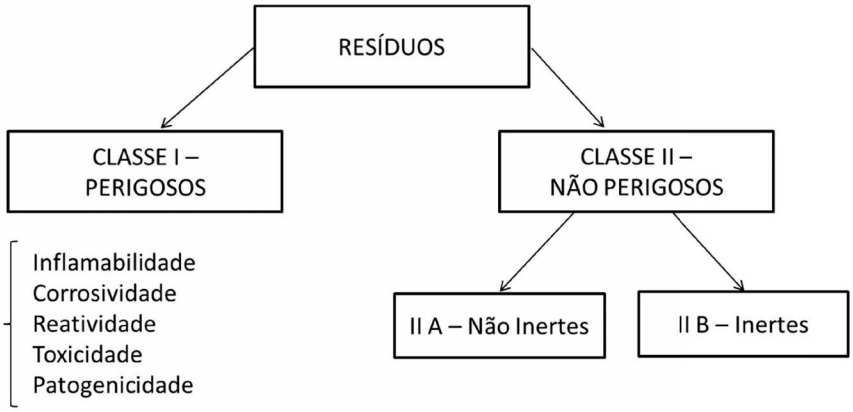
FIGURA 1 – CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE ACORDO COM CONAMA 307



FONTE: O autor (2018)

Além disso, a NBR 10.004 (ABNT, 2004) classifica-os, como resíduos sólidos, em relação aos potenciais riscos de contaminação ao meio ambiente e impacto a saúde devido à sua composição (natureza e origem) (FIGURA 2).

FIGURA 2 – CLASSES DE RESÍDUOS SÓLIDOS SEGUNDO NBR 10.004



FONTE: O autor (2018)

Destaca-se que os resíduos classe II (não perigosos) podem não ser inertes. Os resíduos inertes são aqueles que quando submetidos ao contato com água solubilizada ou deionizada não resultam na solubilização de suas substâncias constituintes em concentrações que ultrapassem o limite estabelecido para os padrões de potabilidade da água (ABNT, 2004).

3.1.2 Geração e Composição dos Resíduos de Construção Civil

Em grande parte dos municípios do país, a geração de resíduos da construção civil (RCD) é diagnosticada com uso de: estimativas de área construída, quantificação de volumes por empresas coletoras e do monitoramento de descargas na disposição final. Porém, esta estimativa nem sempre pode ser considerada confiável, devido à falta de cadastro atualizado de construções em diversas cidades (PINTO, 1999).

O RCD classe A (BRASIL, 2002) se apresenta na forma sólida, com características físicas variáveis, que dependem do seu processo gerador, podendo apresentar-se tanto em dimensões e geometrias já conhecidas dos materiais de construção (areia e brita), como em formatos e dimensões irregulares (SILVA, 2014).

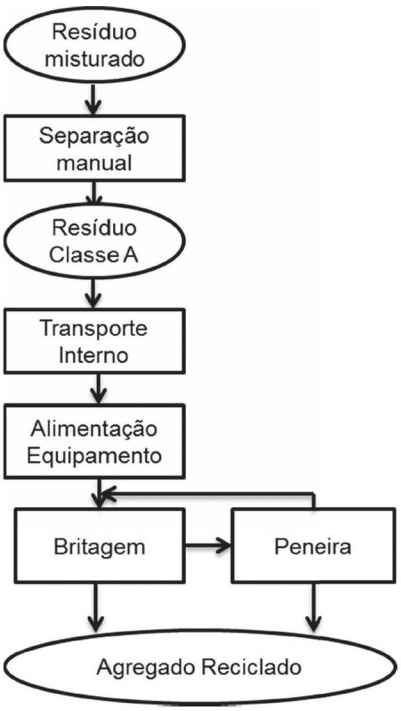
A variabilidade na composição é diretamente influenciada pelo modelo construtivo adotado no lugar e do seu material constituinte predominante. No Brasil, estruturas de concreto para fins estruturais/ arquitetônicos e argamassas de cimento para a colocação de revestimentos são majoritárias nas obras civis, o que influencia na proporção desses materiais no RCD gerado (NAGALLI, 2014). Assim, os componentes da classe A (cimentícios) reciclados (RCDrA) podem ter alto valor agregado se utilizado na produção de materiais da construção civil, como tijolo, blocos pré-moldados, meio-fio, calçadas, argamassa de revestimento, armadas de base e sub-base e pavimentos (BRASILEIRO e MATOS, 2015). Do mesmo modo, o RCD classe B, como madeira, papel e plástico, também são frações que podem ser incluídas na reciclagem reversa (MATHIAS et al., 2017).

3.1.3 Reciclagem de RCD

Os resíduos de construção e demolição (RCD), quando reciclados corretamente, apresentam propriedades físicas e químicas adequadas para o seu emprego como material de construção (ÂNGULO, 2005). No entanto, o Relatório Setorial 2014/2015 da ABRECON, indica que apenas 20% dos 84 Mm3 de resíduos da construção civil produzidos no Brasil foram reciclados. Logo, cerca de 67 Mm^3 foram encaminhados para aterros ou destinações irregulares.

O processo de reciclagem (FIGURA 3) é conhecido e considerado um beneficiamento mineral, que inclui as seguintes etapas principais: separação, britagem e peneiramento (LIU et al., 2018; BORGHI et al., 2018). Ele é semelhante ao tratamento dado à produção de agregados naturais, onde muitas vezes os equipamentos utilizados podem sem compartilhados (CARDOSO et al., 2016).

FIGURA 3 – PROCESSO DE RECICLAGEM DE RCD



FONTE: Adaptado de CARDOSO et al. (2016)

A separação consiste na retirada das substâncias estranhas a fração mineral, podendo ser realizada por catação, separação magnética ou, mais comumente, por ambas (MATHIAS et al., 2017). Para facilitar esse processo, a triagem destes materiais pode ser feita no próprio local de geração, prática essa que já ocorre em alguns países da Europa (GALVÉZ-MARTHOS et al., 2018).

A segunda etapa é a britagem, ou também chamada de cominuição. Ela consiste em diminuir o tamanho do material para adequar as dimensões dos grãos à sua finalidade, tornando-os mais resistentes a compressão (ÂNGULO, 2005). Finalmente, o peneiramento que consiste na passagem por peneiras para selecionar a granulometria dos grãos, quando for necessário.

3.1.4 Usinas de Reciclagem de RCD

As usinas de reciclagem funcionam baseadas na transformação do resíduo coletado em matéria-prima. No Brasil, existem aproximadamente 310 usinas responsáveis pela reciclagem de RCD (ABRECON, 2015). O Estado de São Paulo possui a maior concentração de usinas instaladas, o que pode ser atribuído a maior atividade de sua construção civil, maior preço do agregado natural ou, até mesmo, maior fiscalização sobre a destinação do RCD.

O local da instalação destas usinas de resíduos é de extrema importância para que o programa de reciclagem seja sustentável em todos os aspectos. Elas devem estar localizadas o mais próximo possível das fontes geradoras e dos locais de uso, no entanto sem se situarem em áreas residenciais. Alguns autores (GALVÉZ-MARTHOS et al., 2018; PENTEADO e ROSADO, 2016; BLENGINI e GARBARINO, 2010) relatam que as distâncias entre o local do funcionamento das usinas, do uso e geração do RCD podem inviabilizar a sua reciclagem. Para que a reciclagem do RCD contribua com ganhos ambientais, esta distância não deve ser maior que 25 e 30 km.

As usinas podem ser classificadas como móveis ou fixas, sendo que a última modalidade representa 74% das brasileiras. No entanto, o número das usinas móveis tem se expandido pela maior flexibilidade, baixa disponibilidade de oferta de mão-de-obra espontânea e possibilidade de reciclar o RCD na

obra geradora de resíduos; ou seja, sem demanda de transporte (ABRECON, 2015).

O volume de RCD tratado representa 21% da geração no Brasil considerando a produção efetiva das 310 usinas instaladas no Brasil, 1,5 Mm^3/mês, a geração per capita, 500 kg/hab.ano (ABRECON, 2015), e densidade de 1.200 kg/m^3, (LUCCA, 2017). No caso Paraná, há 22 usinas de reciclagem (correspondentes a 7% do total das usinas Brasileiras) segundo o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná (SEMA, 2018).

A usina fixa HB Ambiental (FIGURA 4 e FIGURA 5) do município de Araucária, região metropolitana de Curitiba, realiza a reciclagem de RCD desde 2017. Após recepção de caçambas, são feitos triagem, beneficiamento e venda dos materiais reciclados (RCDr) *in situ*. Sua capacidade nominal máxima de processamento é de 50 t/h de RCD Classe A (RCDrA) e pode gerar agregados particulados similares à areia, pedrisco, brita fina, brita grossa e cascalho (sem peneiramento).

FIGURA 4 – USINA FIXA DE RECICLAGEM HB AMBIENTAL EM ARAUCÁRIA – PR

FONTE: O autor (2018)

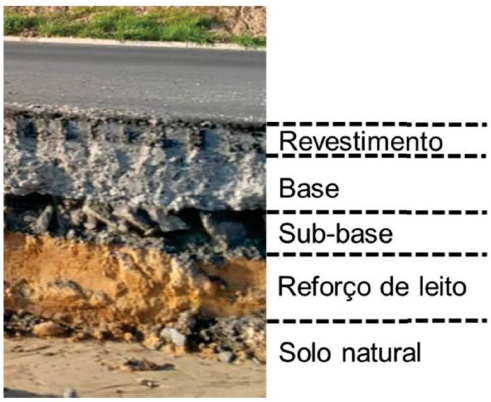
FIGURA 5 – VISTA GERAL DO BENEFICIAMENTO DE RCD (ESQUERDA) E PILHAS DE AGREGADOS PARTICULADOS (DIREITA)

FONTE: O autor (2018)

3.1.5 Agregados Reciclados e naturais na pavimentação urbana

A pavimentação urbana é formada por cinco camadas. A camada imediatamente abaixo da camada de revestimento, base, a qual pode ser dividida em base e sub-base se for muito espessa trabalha de modo a receber os esforços não dissipados pela camada de revestimento e transferir o mínimo de esforços para o subleito (BALBO, 2007) (FIGURA 6).

FIGURA 6 – CAMADAS CONSTITUINTES DO PAVIMENTO



FONTE: MATHIAS et al. (2017)

Estas camadas apresentam constituição granular, podendo ser utilizado solo estabilizado naturalmente, misturas de solos e agregados, brita graduada ou materiais reciclados de outros processos, que é o caso dos resíduos da construção civil (BALBO, 2007).

Os agregados naturais são produzidos a partir da fragmentação das rochas que ocorrem nas jazidas. Os produtos finais podem ser classificados em diversas categorias de acordo com os seus usos. Eles podem ser empregados diretamente na forma e tamanho gerados na explosão de minério ou passar por processamentos complementar, como a britagem (BERNUCCI et al., 2010). As brita 4 e brita graduada (QUADRO 2) são as mais utilizadas na pavimentação urbana de Curitiba (CURITIBA, 2015), sendo fragmentos de rochas duras e maiores, como granito, gnaisse, calcário e basalto.

QUADRO 2 – NOMENCLATURA DOS MATERIAIS UTILIZADOS COMO BASE E SUB-BASE DE ACORDO COM O TERMO DE REFERÊNCIA DA PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITBA

MATERIAL	ORIGEM	USO	DMC (mm)
Brita 4ª	Britagem de jazidas naturais	Sub-base	87,5
Brita 4A reciclada de concreto	RCD com composição cimentícia		
Brita 4A reciclada mista	RCD com composição mista		
Brita graduada	Britagem de jazidas naturais		
Brita graduada reciclada de concreto	RCD com composição cimentícia	Base	25,0
Brita graduada mista	RCD com composição mista		

FONTE: Adaptado de Curitiba (2015)

LEGENDA: DMC é o Diâmetro máximo característico.

O Brasil apresenta um grande número de reservas minerais para a extração do agregado natural, mas esta abundância deve ser considerada com cuidado. Os custos finais do processo são agravados pelas grandes distâncias entre a jazida e o consumidor final, bem como o transporte por estrada, que é o tipo predominante no país. Além disso, sua extração nem sempre pode ser feita, mesmo que economicamente viável, devido a restrições ambientais, leis de zoneamento municipal ou crescimento desordenado dos centros urbanos (ROSADO et al., 2017).

Dessa forma, RCDrA pode substituir parcialmente ou totalmente o agregado natural empregado na produção de base e sub-base de

pavimentação urbana. Para tal, são classificados em mistos e de concreto (MATHIAS et al., 2017).

Os agregados reciclados de concreto (ARC), de acordo com a norma NBR 15.116 (ABNT, 2004a), são aqueles obtidos do beneficiamento de resíduos da construção civil da classe A (RCDrA), composto em sua fração graúda de no mínimo 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas. Por outro lado, os agregados reciclados mistos (ARM) são aqueles provenientes do beneficiamento de RCDrA que possuem menos de 90% dos materiais cimentícios e rochas.

A NBR 15.116 (ABNT, 2004a) determina a porcentagem de materiais não minerais (madeira, plástico, betume, vidros, gesso, vidratos de cerâmicos e materiais carbonizados) em relação à massa total do agregado reciclado, sendo que para materiais não minerais de mesmas características não deve ultrapassar 2% e para materiais não minerais de características distintas o valor deve ser inferior a 3% da massa total do agregado. Além disso, as normas citadas indicam como realizar o uso de agregados reciclados em pavimentos, na composição da base, sub-base ou reforço de leito, além de vias de revestimento primário.

São Paulo foi a primeira cidade brasileira a utilizar esses agregados na construção de vias, sendo que seu emprego apresentou um desempenho satisfatório na época (BODI et al., 1995). Após isso, diversos estudos experimentais (MOTTA, 2005; LEITE et al., 2011; AGRELA et al., 2012; JIMENÉZ et al., 2012; SANGIORGI et al., 2015; XUAN et al., 2015; TAVIRA et al., 2018) concluíram que o uso de agregados reciclados (RCDrA) ao invés de naturais era uma alternativa adequada desde que com o correto controle tecnológico.

No entanto, alguns parâmetros de análise devem ser observados para a utilização dos RCDrA na pavimentação urbana. É necessário realizar uma seleção para averiguar as características de natureza, como sua composição e granulometria e caracterizar as propriedades geotécnicas no estado compactado, uma vez que os materiais não podem se deformar facilmente e devem apresentar permeabilidade compatível com a sua estrutura (BERNUCCI et al., 2010).

Segundo o termo de referência da Prefeitura de Curitiba (QUADRO 2), os agregados utilizados nas camadas de base e sub-base são diferenciados pela origem e pelo diâmetro máximo característico (DMC). O emprego da fração adequada apresenta comportamento similar ao uso do agregado natural como base/sub-base, como foi verificado em trecho de pavimentos urbanos em Curitiba (LUCCA, 2017).

Neste sentido, o uso de RCDrA como matéria-prima secundária evita a extração e preparação de agregado natural, permitindo a minimização de impacto para essa operação. Isto também poupa seu descarte em aterros sanitários, o que pode ser considerado como uma contribuição adicional (LUCCA, 2017). Assim, além da economia monetária, há uma redução de impacto ambiental, a qual pode ser estimada com o uso de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) (ABNT, 2014a).

3.2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

O desenvolvimento sustentável, focado na melhoria da qualidade de vida e na utilização balanceada de recursos naturais, impulsiona o desenvolvimento de métodos e ferramentas que auxiliem no gerenciamento dos resíduos sólidos (PRADO e KASKANTZIS, 2014). Nesse contexto, conhecer o ciclo de vida dos produtos ou serviços é um dos principais passos para entender quais recursos naturais são retirados da natureza e de que forma eles são devolvidos a ela.

A avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica de gestão ambiental que estuda a interação entre o produto e o meio ambiente, avaliando seus aspectos ambientais e possíveis impactos associados ao sistema durante todo o seu ciclo de vida (KARMPERIS et al., 2013; SOLTANI et al., 2016; DAHMEN et al., 2018). A ACV normalmente, não envolve os aspectos econômicos e sociais do produto, no entanto sua abordagem e metodologia descritas em normas podem ser aplicadas contemplando esses dois aspectos também (ABNT, 2014a).

Dessa forma, as respostas (efeitos deletérios) quali-quantitativas previstas pela ACV podem ser utilizadas para adequar o processo de produção ou de serviço de modo a ser mais sustentáveis e suas interações mais

favoráveis ao meio ambiente. Logo, é considerada uma técnica valiosa para tomadas de decisão de projeto e gerenciais visando à redução da contaminação ambiental (MARTINEZ-SANCHEZ et al., 2015; TURNER et al., 2016).

Além disso, quando feita de maneira criteriosa, torna-se um bom elemento de "marketing" para empresas e seus produtos, ou pode ser usada como uma barreira ambiental contra o uso de matérias-primas e produtos intermediários prejudiciais (TURNER et al., 2016).

Esta avaliação pode ser feita (QUADRO 3) sobre um produto (HASLER et al., 2015; BONAMENTE et al., 2016; ERIKSSON et al., 2016), processo (BOXTEL et al., 2015; RODRÍGUEZ et al., 2016; CORONA et al., 2018) ou serviço (WOLF et al., 2016; BARTOLOZZI et al., 2018) e é quantificada por balanços de massa e energia, considerando seus impactos sobre o meio ambiente e a saúde e fazendo um levantamento de emissões, gasosas e resíduos sólidos (KLOPFFER e GRAHL, 2016).

QUADRO 3 – EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DE ACV

DIMENSÃO	CARACTERÍSTICAS	AUTOR
Produto	ACV comparativa de três tipos de fertilizantes: Complexo, mistura a granel e com único nutriente;	HASLER et al., 2015
	ACV de uma garrafa de vinho italiana;	BONAMENTE et al., 2016
	ACV de uma garrafa de Uísque sueco;	ERIKSSON et al., 2016
Processo	ACV em processos de sistemas de produção de algas;	BOXTEL et al., 2015
	ACV comparativa entre processos homogêneos e heterogêneos para tratamento de águas residuais;	RODRÍGUEZ et al., 2016
	ACV dos processos de uma biorrefinaria verde;	CORONA et al., 2018
Serviço	ACV comparativa sobre serviços de varredura de rua;	BARTOLOZZI et al., 2018
	ACV comparativa de serviços de fornecimento de energia a partir de madeira;	WOLF et al., 2016

FONTE: O autor (2018)

3.2.1 Etapas da ACV

O desenvolvimento de padrões internacionais para avaliação do ciclo de vida se estabeleceu com as normas a partir dos anos 90 com a publicação da norma ISO 14040, seguido da ISO 14041:1998. ISO 14042:2000 e ISO

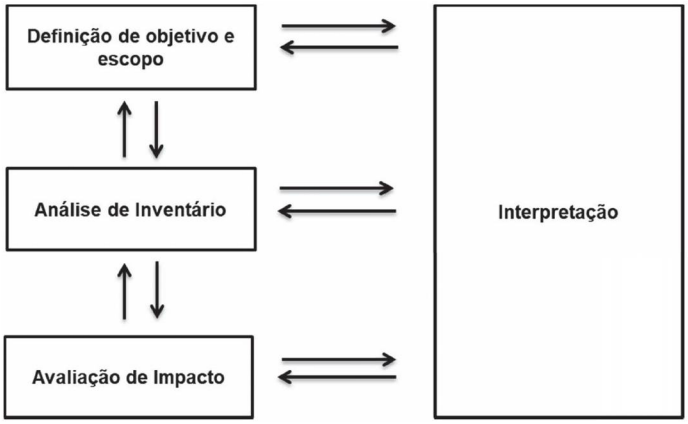
14043:2000, estas normas foram essenciais para a aceitação da ACV pelas partes interessadas e comunidade (ZUTSHI e CREED, 2015).

No Brasil, estas normas foram internalizadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a partir de 2001 e revisados no decorrer dos anos (VAN DER HARST et al., 2016). Atualmente as normas brasileiras relativas à ACV são:

a) ABNT NBR ISO 14040:2009 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura
b) ABNT NBR ISO 14044:2009 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e Orientações

Segundo a ISO 14040:2009, a estrutura da avaliação do ciclo de vida é dividida em 4 etapas: Definição de Objetivo e escopo, análise do inventário do ciclo de vida, avaliação de impacto do ciclo de vida e interpretação crítica (FIGURA 7).

FIGURA 7 – ESTRUTURA DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA



FONTE: ABNT (2009)

a) Definição de Objetivo e Escopo:

Esta é a etapa onde ocorre o planejamento do trabalho. O objetivo de uma ACV deve indicar de forma clara a aplicação pretendida, as razões para execução do estudo, o público-alvo recebedor dos resultados e por fim se

existe a intenção de utilizar os resultados em afirmações comparativas divulgadas publicamente (ABNT, 2014).

No caso da definição do escopo, ela precisa garantir que a profundidade, abrangência e detalhamento do estudo sejam satisfatórios para cumprir o objetivo estipulado, para isso, o escopo deve incluir os itens apresentados no QUADRO 4. Quando produtos são comparados, a definição de Unidade Funcional e a fronteira do sistema tem um papel essencial nos resultados da ACV (DALE e KIM, 2014; JIMENÉZ et al., 2015).

QUADRO 4 – ITENS QUE DEVEM SER APRESENTADOS NO ESCOPO

ITENS DO ESCOPO	DEFINIÇÃO
Sistema de produto	Conjunto de etapas a serem analisadas pela ACV
Funções do sistema	Função do estudo selecionada de acordo com o objetivo e escopo da ACV
Unidade Funcional	Menor porção de um produto ou sistema para quais os dados são coletados
Fronteira do sistema	Definições de quais processos elementares devem ser incluídas no estudo
Procedimentos de alocação	Divisão adequada dos fluxos de entrada ou saída de um processo ou sistema de produto
Metodologia de AICV e tipos de impactos	Definição das categorias de impacto, indicadores das categorias e modelos de caracterização.
Pressupostos e limitações	Considerações, cortes situações assumidas como verdadeiras.
Requisitos de qualidade de dados	Representatividade temporal, geográfica e tecnológica para a realidade local.

FONTE: O autor (2019)

Como a ACV é uma técnica iterativa, alguns aspectos do escopo podem necessitar modificações visando atender o objetivo do estudo, conforme os dados e informações são coletados (ABNT, 2014).

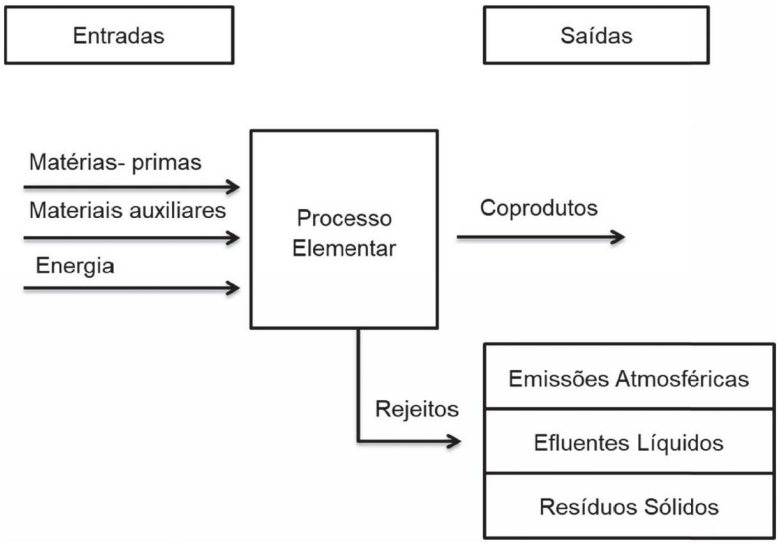
b) Avaliação do Inventário do ciclo de vida (ICV):

É considerada a parte mais objetiva de uma ACV, pois envolve a definição clara da quantificação dos parâmetros físicos e o balanço das entradas e saídas em termos de massa e energia de um sistema de produto, por meio da coleta de dados e procedimentos de cálculo. Assim, os dados dos processos elementares internos à fronteira do sistema devem considerar tanto

o consumo de matérias-primas, insumos e energia, quanto às emissões diversas e produção de resíduos (ABNT, 2014).

A análise de inventário é um processo iterativo e assim, conforme os dados são coletados e aumenta-se o conhecimento sobre o sistema, novos requisitos e limitações dos dados podem ser identificados, necessitando de mudanças nos procedimentos de coleta de dados para que o objetivo do estudo seja cumprido.

FIGURA 8 – COLETA DE DADOS



FONTE: ABNT (2009)

- **Coleta de dados**

Os dados necessários para os processos dentro da fronteira do sistema podem ser classificados como: entradas de energia, matéria-prima, entradas auxiliares ou outras entradas físicas; produtos e coprodutos; emissões atmosféricas, efluentes líquidos, resíduos sólidos e outros aspectos ambientais. A representação destes dados pode ser por meio de fluxogramas e tabelas.

Como a coleta de dados pode demandar muitos recursos, é possível incluir restrições práticas para a coleta de dados no escopo do estudo (ABNT, 2014a). Os dados a serem selecionados para uma ACV podem ser divididos em:

- Dados primários: Coletados nos locais de produção associados aos processos elementares dentro da fronteira do sistema.

- Dados secundários: Obtidos junto aos bancos de dados próprios para ACV, em valores de referência em literatura específica ou dados fornecidos por terceiros.

Estes dados podem ser utilizados em conjunto, no entanto as escolhas devem ser justificadas e documentadas (ROSADO, 2015).

- **Cálculos com os dados**

A fim de gerar os resultados do inventário do sistema estudado, são necessários procedimentos de cálculos envolvendo a validação dos dados coletados e a correlação dos dados a um único valor denominado fluxo de referência, que é calculado a partir da unidade funcional.

A validação dos dados se faz muito importante, pois com ela é possível verificar se a qualidade dos dados está de acordo com a aplicação requerida.

- **Alocação de fluxos e liberações**

Como a maioria dos processos industriais fornecem mais de um produto ou coprodutos, e geralmente estes são utilizados como matéria-prima secundária ou descartados deve-se optar por adotar procedimentos de alocação para o sistema. A alocação deve ser realizada de acordo com critérios claros e com o objetivo de evitar incertezas às entradas e saídas de um processo elementar alocadas devem ser igualadas as entradas e saída antes da alocação.

c) Avaliação de impactos do ciclo de vida (AICV):

Nesta etapa, os dados coletados na fase anterior (ICV) são estruturados, examinados, condensados e simplificados de forma a permitir sua análise. A AICV procura entender a significância dos impactos ambientais potenciais do sistema. Ela pode incluir o processo iterativo de análise crítica do objetivo e escopo do estudo de ACV, para determinar se estes foram

alcançados. Ela é composta pelos elementos obrigatórios, como seleção de categorias de impactos, indicadores de categoria e modelos de caracterização, classificação e caracterização, e opcionais, sendo eles a normalização, agrupamento e ponderação destes aspectos (CHEHEBE, 1998).

A seleção de categorias de impacto refere-se à escolha das classes que representam as questões ambientais relevantes para o estudo, levando em consideração o objetivo e escopo. As principais categorias de impactos são o consumo de recursos renováveis e não renováveis, aquecimento global, acidificação, eutrofização, redução da camada de ozônio, formação de oxidantes fotoquímicos, toxicidade aquática, humana e terrestre (GUINÉE, 2015; MATTHEWS et al., 2015).

Os indicadores de categoria representam de maneira quantificável os impactos de cada categoria e os modelos de caracterização são instrumentos para a análise dos impactos, indicando a relação dos resultados da análise do inventário (ICV) com os indicadores de categoria. A conversão dos resultados do ICV nos indicadores de impacto é feita por meio dos fatores de caracterização (ROSADO, 2015).

Classificar é separar e agrupar os dados segundo as categorias de impactos conforme o efeito que provocam sobre o ambiente. A fase de classificação é um processo qualitativo, onde os dados do inventário são atribuídos às diferentes categorias de impacto para as quais as substancias contribuem. Por fim, a caracterização é responsável por analisar a contribuição quantitativa de cada aspecto ambiental a suas categorias de impacto por meio dos fatores caracterização.

No caso dos elementos opcionais, a normalização é o cálculo da magnitude dos resultados dos indicadores de categoria com relação a alguma informação de referência. Neste processo, todos os valores em estudo são relacionados a um fator de normalização estabelecido e convertidos em novos números dentro de uma mesma escala. A partir da normalização os resultados do perfil ambiental podem ser interpretados com maior facilidade, eliminando a presença de diferentes unidades e permitindo agrupamentos e comparações dos resultados (ABNT, 2014).

O agrupamento refere-se à reunião das categorias de impacto em um ou mais conjuntos, conforme determinado em objetivo e escopo. Estes

conjuntos podem fazer referência à escala espacial ou a hierarquia das categorias. E por fim, a ponderação consiste na atribuição de pesos (fatores de ponderação) a cada categoria de impacto ou conjunto, destacando sua importância em relação aos demais (ABNT, 2014).

Os métodos a serem utilizados na avaliação do impacto do ciclo de vida têm grande influência nos resultados obtidos pela ACV, porém não são especificados nas normas ISO. Dessa forma, é necessário descrever o método selecionado e justificar tal escolha (ABNT, 2014). Para a escolha das categorias de impactos é necessário compreender a diferença entre pontos intermediários (*midpoints*) e pontos finais (*endpoints*) do mecanismo ambiental envolvido. Todos os resultados adversos são considerados danos, ou seja, impactos de ponto fina, enquanto que os pontos intermediários são os fatores que levam aos danos (MASANET et al., 2014). Neste estudo será aplicado o método suíço IMPACT 2002+ (*Impact Assessment of Chemical Toxics*) (JOLLIET et al., 2003).

d) Interpretação do ciclo de vida:

Por fim, na fase final de um estudo de ACV ocorre a identificação e avaliação dos resultados obtidos nas fases ICV e AICV com base no objetivo e escopo definidos previamente para o estudo.

São realizadas avaliações com a finalidade de identificar oportunidades para a redução do ônus ambiental, destacando a minimização do uso de materiais ou processos conhecidos por causar qualquer efeito negativo sob o meio ambiente. Assim os resultados podem levar a conclusões e recomendações aos profissionais que se valem da ACV (MATTHEWS et al., 2015).

3.2.2 ACV para Resíduos da Construção Civil

Neste contexto, a ACV vem sendo utilizada na construção civil desde 1990 (ORTIZ et al., 2009). Basicamente neste setor produtivo, existem duas aplicações para a ACV – uma focada nos materiais de construção e suas combinações, denominada *Building Material and Component Combinations*

(BMCC), e outra focada em todo o processo da construção, por sua vez denominada de *Whole Process of the Construction* (WPC).

A ACV para materiais é aplicada para analisar, comparar e promover produtos de modo a melhorar escolha de material construtivo, enquanto a ACV na edificação analisa a unidade funcional em relação aos aspectos culturais de consumo (CABEZA et al., 2014).

Diversos autores (QUADRO 4) têm desenvolvido estudos sobre ACV dos RCD em diferentes perspectivas.

A ACV utilizada para identificar e quantificar impactos ambientais sob algumas hipóteses de distâncias de transporte, qualidade do RCDrA e disponibilidade do agregado natural na região, demonstrou que a reciclagem é mais ecoeficiente, pois esta apresentou impactos evitados superiores aos provocados (BLENGINI e GARBARINO, 2010).

Na Dinamarca, o uso dos RCDrA na construção da sub-base de pavimentos foi preferível ao descarte do material em aterro. Esse uso resultou em efeitos deletérios menores para o ambiente e o transporte dos resíduos foi o principal responsável por desses efeitos (BUTERA et al., 2015).

Na Itália, Borghi et al. (2018) procurando identificar os aspectos críticos e possíveis melhorias ao sistema de reciclagem do RCDr na região da Lombardia obtiveram resultados em concordância a Butera et al. (2015). Apesar do cenário atual (reciclagem de RCDr) desta região, ser considerado mais adequado que o envio dos resíduos para aterro, os impactos ambientais induzidos por essa prática foram maiores que os benefícios ambientais associados ao uso do RCDrA como sub-base de pavimentos. E o transporte do resíduo foi identificado como o principal contribuinte dos efeitos deletérios para o ambiente, causando a emissão de 3,28 kg de CO2eq/t (BORGHI et al., 2018).

Para este mesmo país, o uso do RCDrA em pavimentos evita o consumo de 250 MJ de energia não renovável e a emissão de 14 kg de dióxido de carbono por tonelada de RCDrA. Por outro lado, a categoria de impacto de toxicidade humana apresentou impacto produzido superior ao evitado, fato atribuído à refundição por processo de arco elétrico de sucatas de aço presentes nos resíduos (BLENGINI e GARBARINO, 2010).

Na Espanha, três cenários de destinação de RCD (aterro, incineração e reciclagem de componentes) gerados em uma construção em Barcelona,

Catalunha revelaram que a incineração é a melhor opção para resíduos perigosos e a reciclagem para os materiais inertes e plásticos (PASQUALINO et al., 2008). Outro estudo que abrangeu toda Catalunha confirmou este ponto. Para o "Aquecimento Global", a reciclagem do RCDrA foi considerada a melhor opção, seguida da incineração e por fim o aterro. Além do mais, a reciclagem e a incineração eram ambientalmente melhores do que a disposição em aterro mesmo para longas distâncias entre a fonte geradora dos resíduos e as usinas de reciclagem dos materiais (ORTIZ et al., 2010).

Em município de médio porte do sudeste brasileiro, a ACV de manejo dos RCD para seis cenários propostos em diferentes porcentagens, combinando disposição do material em aterro, uso do RCD sem processamento para pavimentação de estradas no aterro e reciclagem após triagem do RCD para utilização em estradas rurais do município. A melhor opção foi descrita como 40% dos RCD dispostos em aterro, 10% usados na pavimentação das estradas do aterro e 50% encaminhados para a reciclagem e, posteriormente, utilização em estradas rurais. Conforme a porcentagem de reciclagem dos RCD diminuiu, um aumento em todos os impactos foi observado e consequentemente, o pior cenário destinava 100% dos resíduos para o aterro (PENTEADO e ROSADO, 2016).

Os estudos chegaram a resultados semelhantes qualitativamente (QUADRO 4) e quantitativamente (TABELA 1) apesar das suas particularidades. A reciclagem e reutilização de RCDr são preferíveis e consideradas vantajosas. A depleção de recursos abióticos e o potencial de aquecimento global são as categorias de impactos deletérios que mais se destacaram. O transporte dos agregados para o aterro ou para usina de reciclagem tem grande influência sobre a geração de impactos ambientais do processo (BUTERA et al., 2015; BLENGINI e GARBARINO, 2010; PASQUALINO et al., 2008; PENTEADO e ROSADO, 2016; BIZCOCHO e LLATAS, 2018). Ainda assim, a distância entre o transporte do RCDrA deve aumentar de 2 a 3 vezes para que os efeitos deletérios superem os ganhos ambientais do sistema de produção dos agregados reciclados. (BLENGINI e GARBARINO, 2010).

Finalmente, a ACV é aplicada extensivamente para a avaliação ambiental da gestão de resíduos sólidos, no entanto a prevenção de resíduos

não depende desta avaliação. Assim, é importante ressalvar que esta ação constitui o primeiro e principal princípio da hierarquia de gestão de resíduos (BRASIL, 2010). Por exemplo, a prevenção de geração de RCD durante a fase de construção de um edifício permite diminuir em 60% o peso do material gerado e 62% os impactos produzidos por este tipo de resíduo (BIZCOCHO e LLATAS, 2018).

Neste contexto, a respeito da ACV, os países membro da união europeia já dispõem de uma preocupação antiga e ativa do uso deste método para gestão dos RCD. Enquanto que os países da América do Sul estão iniciando a pesquisa sobre o tema (BOVEA e POWELL, 2016), sendo que o Brasil não apresenta uma base de dados própria, fazendo com que os resultados encontrados possam não ser fiéis à realidade (FERREIRA, 2014).

Já no caso do uso do RCDr como substituto de agregado natural para produção de pavimentos urbanos, diversos estudos prévios têm comprovados a sua eficiência (LUCCA, 2017), inclusive para o caso específico de Curitiba. Isto permite redução de demanda financeira (LUCCA, 2017) e resolve problemas ambientais com descarte irregular (MATHIAS et al., 2017). Neste sentido, este estudo pretende estabelecer valores quantitativos de impactos antrópicos por meio do uso de ACV para fortalecer a recomendação deste tipo de ação gerencial.

QUADRO 5 – MÉTODOS, IMPACTOS E PRINCIPAIS CONCLUSÕES ENCONTRADAS EM ESTUDOS DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA PARA RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD).

(Continua)

AUTOR	ANO	MÉTODO	IMPACTOS	CONCLUSÕES
PASQUALINO et al.	2008	CML 2001	Ac, AG. RI	Uso de aço galvanizado afeta muito os impactos ambientais; Disposição em aterro considerada pior opção, seguido de incineração e reciclagem; A Incineração (resíduos perigosos) e a reciclagem (resíduos inertes, plástico, papelão e vidro) apresentaram benefícios ambientais, devido produção de energia e o reaproveitamento do material, respectivamente; A reciclagem diminui os impactos relacionados ao transporte dos materiais;
BLENGINI e GARBARINO	2010	IMPACT 2002+	TH, ERi, RI, DCO, OF, EcA, EcT, AA, EA, AT,OT,AG,ENR e EM	Reciclagem foi considerada ecoeficiente ao ser comparado à extração em pedreira; RCDr apresenta papel importante na oferta de material para a indústria da construção; Distância entre do transporte do agregado reciclado deve aumentar de 2 a 3 vezes para que os efeitos deletérios superem os ganhos ambientais;
BUTERA et al.	2015	ILCD 2011	AG, OF, MP, AT, EA, EM, ET, DRAf, DRAe, THc, THnc, EcA	O uso de RCDrA em pavimentos é preferível ao descarte em aterro; A distância entre fonte geradora e a reciclagem deve ser até 30 km para a reciclagem ser mais favorável que a disposição em aterro; O transporte é o principal contribuinte dos impactos não tóxicos (60-95%); A lixiviação é a principal contribuinte para os impactos tóxicos
PENTEADO e ROSADO	2016	CML 2001	Ac, AG, Eu, OF e DRA	A reciclagem do RCD Classe A é positiva quando ocorre triagem no canteiro de obras; A disposição do RCD Classe A em aterro é o pior cenário; O aumento de reciclado reduziu os impactos ambientais; A distância entre fonte geradora e a reciclagem deve ser até 30 km para a reciclagem ser mais favorável que a disposição em aterro

(Conclusão)

AUTOR	ANO	MÉTODO	IMPACTOS	CONCLUSÕES
BORGHI et al.	2018	ILCD 2011	AG, DCO, THc, THnc, MP, OF, Ac, ET, EA, EM, EcA, DRA	A reciclagem de RCDrA produz efeitos deletérios ao meio ambiente superiores aos benefícios; Reciclagem de RCDrA é mais adequada que a disposição do material em aterro; Maiores encargos ambientais vêm do transporte dos resíduos;
BIZCOCHO e LLATAS.	2018	IMPACT 2002+	Ac, Eu, OF, DCO, FOF, TH	A prevenção de geração de RCD é o cenário mais favorável ambientalmente; Os maiores impactos são referentes à disposição dos resíduos; As atividades de prevenção de geração de RCD podem reduzir em 60% o peso de RCD gerado e 62% os impactos produzidos.

FONTE: O autor (2019)

NOTA: Acidificação (Ac); Aquecimento Global (AG); Radiação Iônica (RI), Toxicidade Humana (TH); Toxicidade Humana carcinogênica (THc); Toxicidade Humana Não Carcinogênica (THnc); Efeitos Respiratórios Inorgânicos (ERi); Depleção da Camada de Ozônio (DCO); Oxidação Fotoquímica (OF); Ecotoxicologia Aquática (EcA); Ecotoxicologia Terrestre (EcT); Acidificação Aquática (AA); Acidificação Terrestre (AT); Eutrofização (Eu); Eutrofização Aquática (EA); Eutrofização Terrestre (ET); Ocupação do Solo (OT); Energia Não Renovável (ENR); Extração Mineral (EM); Material Particulado (MP); Depleção de Recursos Abióticos (DRA); Depleção dos Recursos Abióticos – fóssil (DRAf); Depleção Recursos Abióticos – elementos (DRAe).

TABELA 1 – RESULTADO PARA A UNIDADE FUNCIONAL DE 1 TONELADA DE RESÍDUO POR CATEGORIA DE IMPACTO ENCONTRADO EM DIFERENTES ESTUDOS

CATEGORIA DE IMPACTOS	BUTERA et al. (2015)		BORGHI et al. (2018)		BLENGINI e GARBARINO (2010)	BIZCOCHO e LLATAS (2018)	
	Reciclagem	Aterro	Reciclagem	Aterro	Reciclagem	Reciclagem	Aterro
Efeitos Respiratórios Inorgânicos ($kgPM_{2,5}eq$)	$1,21x10^{-3}$	$5,94x10^{-3}$	$2,93x10^{-3}$	$9,21x10^{-3}$	$1,90x10^{-2}$	-	-
Ecotoxicidade Terrestre (KgTEGsoil)	-	-	-	-	$-2,70x10^{2}$	-	-
Ocupação do Solo (m^2org.arable)	-	-	-	-	$-1,25x10^{0}$	-	-
Aquecimento Global ($kgCO_2eq$)	$8,73x10^{0}$	$1,79x10^{1}$	$3,40x10^{0}$	$1,14x10^{1}$	$-1,40x10^{1}$	$-8,17x10^{4}$	$1,54x10^{5}$
Energia Não Renovável (MJ primary)	$1,45x10^{2}$	$2,58x10^{3}$	-	-	$-2,50x10^{2}$	$-1,57x10^{6}$	$2,23x10^{6}$

FONTE: O autor (2019)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para as Avaliações do Ciclo de Vida (ACV) foi baseada nas normas NBR ISO 14.040 (ABNT, 2014) e NBR ISO 14.044 (ABNT, 2014a), sendo estruturada conforme as quatro fases definidas pelas normas (FIGURA 7).

O software SimaPro 8.5.2.0 (Faculty) foi utilizado para estimar os impactos ambientais associados à produção do agregado natural e do agregado reciclado aplicados como base da pavimentação urbana. O SimaPro é um software holandês desenvolvido pela PRé Sustainability para a execução de Análises do Ciclo de Vida. Seu uso permite ponderar complexos ciclos de vida e quantificar impactos associados aos aspectos ambientais mais relevantes para fabricação do produto, desde a extração das matérias-primas, processamento, distribuição, uso e destinação final (ALMEIDA, 2014). Este software é um dos mais utilizados para a análise ambiental no desenvolvimento de políticas desde que foi introduzido no mercado em 1990 (CAMPOLINA et al., 2015; HERRMANN e MOLTESEN, 2015).

Além disso, o SimaPro permite a adaptação dos processos nas suas bases de dados, garantindo melhor representatividade aos dados de entrada do estudo, fato relevante para a realização de ACV em países que não apresentam inventários de dados de ciclo de vida, como o Brasil (SAADE, 2017).

O Programa tem dois principais componentes, sendo eles: uma base de dados de inventário e uma base de dados de avaliação. Ambas as bases já possuem dados prévios, porém podem ser expandidas ou modificadas pelo usuário, atingindo resultados mais específicos ao estudo, quando necessário.

O banco de dados disponibilizado pelo software é o e*coinvent*® v. 3. Esta base de dados foi usada para apoiar os processos dos ciclos de vida e quando possível os processos foram atualizados com dados da realidade local.

4.1 DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO

O objetivo desta Avaliação do Ciclo de Vida é avaliar os impactos ambientais relacionados à obtenção da fração mineral dos agregados em dois cenários base. O primeiro é a produção do agregado natural e o segundo a produção do agregado reciclado para aplicação como base/sub-base de pavimentação urbana.

A unidade funcional (UF) escolhida foi uma tonelada de agregado reciclado e natural.

A fronteira definida para o sistema de produção dos agregados naturais (Cenário 1, AgrNat), a filosofia atualmente quase unipresente, foi demarcada pela extração do material na jazida até sua utilização em pavimentos. A identificação dos processos relacionados à produção dos agregados naturais foi obtida por meio de contato telefônico e correspondência eletrônica com o proprietário da empresa Mineração Morro Anhangava - PR.

Já para os agregados reciclados (Cenário 2, RCDrA) a fronteira foi delimitada pela fase pós – uso dos resíduos. Ou seja, iniciada com o transporte do RCD da obra até a usina de reciclagem e finalizada na entrega do RCDrA para utilização na pavimentação urbana. Os processos envolvidos no beneficiamento do RCD foram obtidos mediante visita na Usina de reciclagem fixa HB Ambiental, localizada em Araucária – PR no dia 17 de setembro de 2018.

4.2 INVENTARIO DO CICLO DE VIDA

4.2.1 Coleta de dados

Os dados coletados foram divididos em de campo (primários) e estimados (secundários). Os dados primários foram obtidos pela autora e representam as entradas no software SimaPro, como o consumo de combustível fóssil, energia, matéria prima e explosivo e distância para transporte. Eles foram obtidos a partir de visita técnica à Usina de reciclagem HB Ambiental conduzida pelo Sr. Luiz Carlos Bunn (proprietário da empresa),

bem como por meio de contato telefônico com o Sr. Danilo Perini, proprietário da Mineradora Morro Anhangava – PR.

Como estes dados referem-se a produções reais referentes ao ano de 2017, foram necessários cálculos para correlacionar consumo de materiais e energias a unidade funcional selecionada.

Tanto a mineradora como a recicladora foram escolhidas em 2017 após levantamento na internet das empresas existentes relacionadas ao setor geração de agregados, seja natural ou reciclado, na Região Metropolitana de Curitiba. Após a identificação destas empresas (duas usinas de reciclagem e cinco empresas mineradoras) (Tabela 2), houve o contato com as mesmas. Dentre os empreendimentos levantados, a Mineradora Morro Anhangava e a Usina de reciclagem HB Ambiental foram as únicas que deram retorno e disponibilizaram seus dados para o estudo.

No caso dos dados estimados, estes são os processos já consolidados na base de dados *ecoinvent*® utilizada no software SimaPro ou encontrados na literatura disponível (QUADRO 6).

QUADRO 6 – TIPO DE DADOS UTILIZADOS PARA AS ACV'S

FONTE DE DADOS		AGREGADOS RECICLADOS	AGREGADOS NATURAIS
De campo	Entrevista	Distância para Transporte	Distancia para Transporte
(primário)		Consumo de energia	Matéria-prima (Calcário)
		Matéria-prima (RCD)	Consumo de combustível
		Consumo de combustível Massa de resíduos (madeira, aço e não aproveitável).	
Estimados	Literatura	Emissões Atmosféricas	Emissões Atmosféricas Consumo de Energia
(secundários)	Base de Dados *ecoinvent*	Produção de Aço	
		Produção de calor	
		Disposição de Inerte em aterro Disposição de resíduo em aterro	

FONTE: O autor (2018)

As emissões atmosféricas ponderadas no estudo foram disponibilizadas por Rosado et al. (2017). Os poluentes considerados foram os seguintes: CO_2, CO, CH_4, NO_x, SO^2, SO, material particulado ($MP_{2,5}$, $MP_{2,5-10}$ e

MP_{10}) e os compostos orgânicos voláteis (VOC), que podem ser divididos em duas classes: a primeira, de compostos orgânicos não metânicos (NMVOC), na qual se incluem os compostos orgânicos oxigenados, os halogenados e os hidrocarbonetos e a segunda classe na qual o metano faz parte e não metânicos (NMVOC). Estes poluentes foram escolhidos por serem os principais poluentes atmosféricos relacionados aos processos estudados (processos de combustão como emissões veiculares e de combustíveis fósseis, emissões industriais, britagem, explosão, peneiramento).

4.2.2 Escolha dos Processos no Software

Após coleta e tratamento dos dados, eles foram inseridos no software como insumos, matérias-primas e energia. Os processos escolhidos do banco de dados *ecoinvent*® são apresentados no QUADRO 7.

QUADRO 7 – PROCESSOS UTILIZADOS DO BANCO DE DADOS *ECOINVENT* V.3

PROCESSO	PROCESSO DO *ECOINVENT*
Ocupação área industrial	Occupation, industrial area
Transformação da floresta	Transformation, from forest, natural
Transformação área industrial	Transformation, from industrial area
Transporte Fabril	Diesel, burned in building machine {GLO}|Market for| Cut-off, U
Transporte de distribuição	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO 3 {GLO}|market for| Cut-off, U
Britagem (Uso de energia)	Electricity, medium voltage {BR}| electricity voltage transformation from high to medium voltage | Cut-off, U
Aterro Sanitário	Municipal solid waste (RoW), treatment of, sanitary landfill| Cut-off, U
Disposição de inerte evitada	Inert waste, for final disposal {RoW}| treatment of inert waste, inert material landfill | Cut-off, U
Reutilização de madeira	Heat, district or industrial, other than natural gas {BR}| heat and power co-generation, wood chips| Cut-off, U
Produção de aço	Steel, low-alloyed {RoW} |steel production, converter, low-alloyed| Cut-off, U
Ocupação área de extração	Occupation, mineral extraction site
Transformação área de extração	Transformation, to mineral extraction site
Transformação da floresta	Transformation, from forest, natural
Explosão	Blasting {RoW} | processing | Cut-off, U
Recultivo da mina de calcário	Recultivation, limestone mine {GLO} | Market for | Cut-off, U
Correia Transportadora	Conveyor belt {RoW} | production| Cut-off, U
Processamento Mineral	Industrial machine, heavy, unspecified {RoW}| production| Cut-off, U

FONTE: O autor (2019)

Para o Cenário 1 (AgrNat), foram desenvolvidos processos da extração da matéria-prima, o qual inclui a explosão e perfuração de rocha, o transporte fabril do material, a distribuição dos agregados por correia transportadora, a britagem do mineral, e por fim o transporte de distribuição dos agregados ao local de utilização (obra) (FIGURA 9).

Neste caso, na fase da extração, a matéria prima escolhida foi o calcário, pois este representa o agregado natural relevante para base e sub-base de pavimentos na região metropolitana de Curitiba.

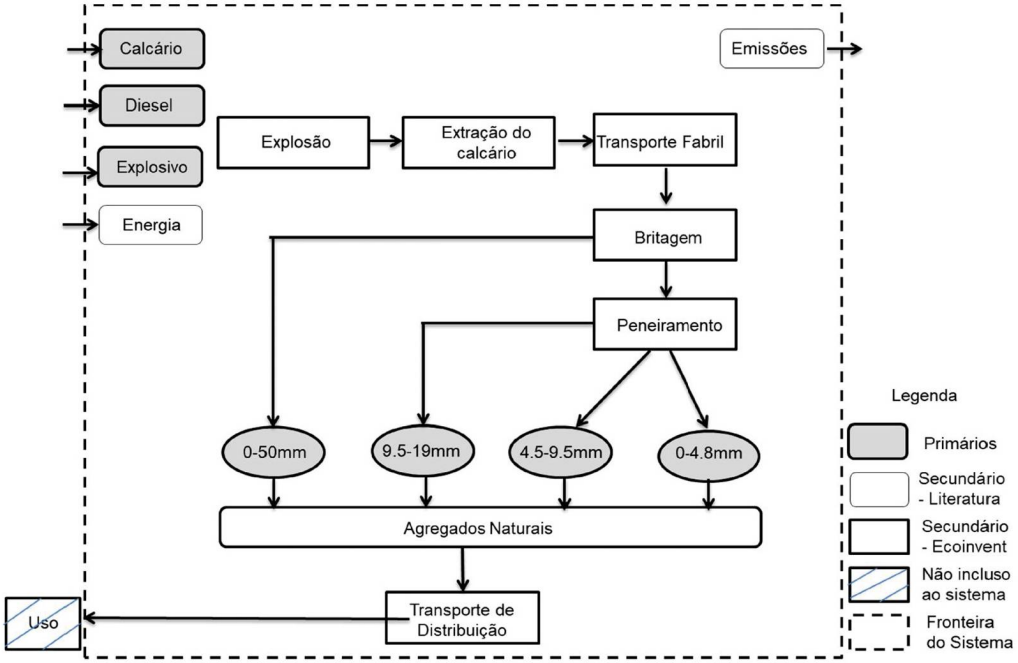
Para o Cenário 2 (RCDrA), os principais processos utilizados no sistema são: o transporte entre a obra de geração do resíduo e a usina de beneficiamento, o recebimento do material sem separação na usina, o processamento (separação, britagem e peneiramento) do RCD na usina de reciclagem, o transporte fabril do material, a deposição dos resíduos que não podem ser reciclados ou reutilizados para aterro e o transporte de distribuição do RCDrA para o local da obra em que será utilizado (FIGURA 10).

Além disso, foram assumidas as seguintes hipóteses para os seguintes processos evitados:

a) Produção de Aço: Toda a massa de aço separada do RCDr foi reciclada e assim, a produção de aço "novo" pôde ser evitada;
b) Produção de energia: Devido à baixa qualidade da madeira proveniente da demolição, toda a massa de madeira separada do RCDr foi utilizada como combustível para geração de calor em caldeira, e dessa forma, a utilização de lascas de madeira de boa qualidade foi evitada.
c) Disposição de resíduos classe A em aterro: Toda a massa do RCDrA recebida foi beneficiada na usina de reciclagem, podendo evitar-se a disposição deste material em aterro;

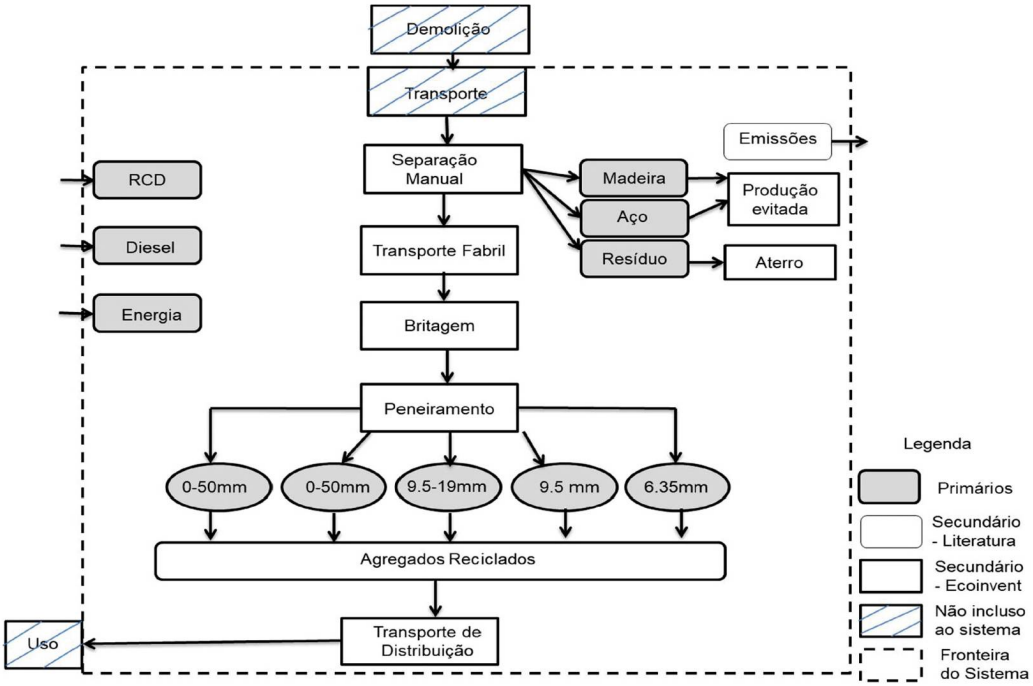
No Cenário 2, para a combustão da madeira, o poder calorífico inferior da madeira usado foi 4.500 kcal/kg, ou 18,8 MJ/kg (NIKLITCHEK et al., 2020; BORGES, 2018).

FIGURA 9 – DIAGRAMA DE BLOCOS DA PRODUÇÃO DOS AGREGADOS NATURAIS



FONTE: O autor (2018)

FIGURA 10 – DIAGRAMA DE BLOCOS DA PRODUÇÃO DOS AGREGADOS RECICLADOS



FONTE: O autor (2018)

Para o Cenário 1 (AgrNat) não houve dados primários de consumo de energia elétrica disponíveis, pois segundo o responsável pela produção, não há consumo de energia durante a britagem do material. Por se tratar de um dado importante para o processo, o cálculo de energia consumida para este cenário foi estimado por meio da especificação técnica do equipamento de beneficiamento de material na usina de Reciclagem e a capacidade de produção da Mineradora Morro Anhangava - PR.

Nesse caso, foi levado em conta que um sistema de britagem básico com potência de 858 KW trabalhando 8 horas/dia, formado por um britador primário tipo mandíbula, transportadores, peneiras e alimentadores,

Para ambos os cenários foi levado em conta produção e transmissão da energia elétrica brasileira. Os processos elementares para o beneficiamento dos agregados naturais e RCD utilizam eletricidade de média tensão, assim foi considerado a produção de eletricidade de média tensão no Brasil (entre 1kV e 24 kV).

O transporte dos agregados naturais e reciclados é feito com o uso de caminhão poliguindaste. Este tipo de veículo se enquadra nos caminhões com pesos de 16 a 32 toneladas e tem capacidade para transportar de 9 a 23 toneladas. Como não é possível saber exatamente qual caminhão é utilizado em cada empresa, dentre as opções de transportes fornecidas pela base de dados *ecoinvent*® foi escolhido o caminhão terrestre Euro 3, uma vez que esta classificação corresponde a grande maioria dos caminhões que trafegam no Brasil.

O transporte dos agregados naturais e reciclados é feito com o uso de caminhão poliguindaste. Este tipo de veículo se enquadra nos caminhões com pesos de 16 a 32 toneladas e tem capacidade para transportar de 9 a 23 toneladas. Como não é possível saber exatamente qual caminhão é utilizado em cada empresa, dentre as opções de transportes fornecidas pela base de dados *ecoinvent*® foi escolhido o caminhão terrestre Euro 3, uma vez que esta classificação corresponde a grande maioria dos caminhões que trafegam no Brasil.

A unidade de entrada de dados de transporte no software é a tonelada-quilometro (tkm), a qual corresponde ao transporte de uma tonelada por um

quilometro e é resultante da multiplicação do peso do produto transportado pela distância percorrida (SPIELMANN et al., 2007).

Segundo metodologia recomendado por Frischknecht et al. (2007), para a ocupação e transformação do solo da atividade realizada em pedreira, sugere-se a utilização da área da pedreira por um período mínimo de 20 anos. No entanto, foi utilizado 32 anos como o período de transformação da área, uma vez que se levou em conta a data de fundação e os anos de funcionamento da empresa Mineradora Morro Anhangava. Para a atividade de indústria (caso da usina de reciclagem) o período mínimo sugerido e utilizado foi 50 anos.

Todas as atividades e processos presentes na base de dados *ecoinvent*® indicam para quais áreas geográficas elas são recomendadas. Esta localização geográfica é representada pela abreviação do país, continente ou até mesmo quando se aplica para todos os países do mundo.

Para a escolha dos processos utilizados neste trabalho foi dado preferência para aqueles destinados ao Brasil (BR). Quando não foi possível a escolha do processo brasileiro, optou-se pelos processos "RoW", por serem mais restritivos que os demais. Estes processos tratam da média global, porém não levam em conta os países da Europa. Por fim, quando estes dois tipos de processos não estavam disponíveis, foram escolhidos os processos "GLO" que significa Global e representa as atividades consideradas como uma média válida para todos os países do mundo.

Foram excluídos dos dois cenários, por não existirem informações cofiáveis disponíveis para utilização, dados referentes aos bens materiais como a infraestrutura da usina de reciclagem e da pedreira, além da manutenção de equipamentos e caminhões. Também não foram incluídos valores referentes ao transporte, até sua destinação final, dos RCDrB e do resíduo sem aproveitamento.

4.2.3 Área de estudo

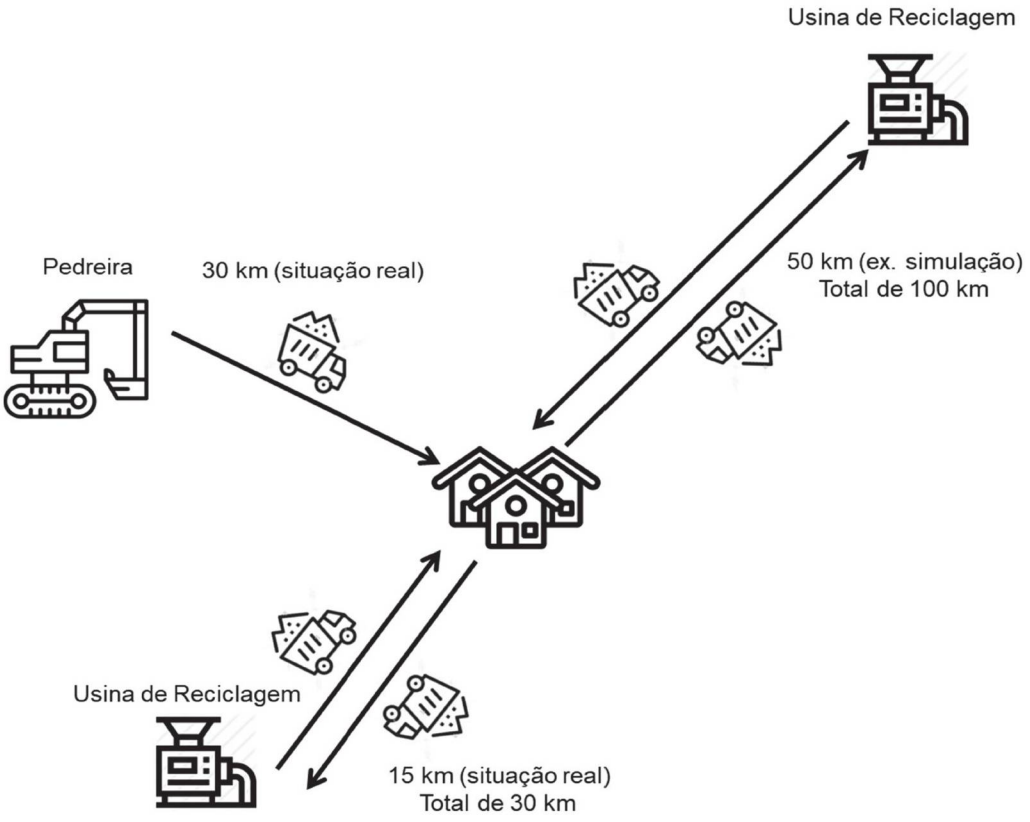
A área de estudo escolhida foi a Região Metropolitana de Curitiba – PR. Esta escolha foi baseada na existência de diversas pedreiras responsáveis

pela extração de minério para a construção civil nesta região e também pela localização da Usina HB Ambiental (Araucária – PR).

Com esta determinação, foi possível definir as distâncias entre os processos dos dois cenários estudados (local de geração dos agregados naturais e RCD, a usina de beneficiamento do RCDrA, e o local de utilização dos agregados nos pavimentos). As distâncias foram obtidas pela simulação dos trajetos entre as empresas selecionadas e o marco zero da cidade de Curitiba, localizado na região central da cidade.

A distância real entre a usina de reciclagem HB Ambiental e o marco zero de Curitiba é de 15 km. Dessa forma, o percurso entre a Produção do RCD - HB Ambiental e HB Ambiental – Utilização RCDrA foi assumido como o mesmo, consequentemente para incluir estes dois percursos as distâncias utilizadas foram sempre dobradas (FIGURA 11).

FIGURA 11 – DISTÂNCIA REAIS E SIMULADAS ENTRE GERAÇÃO E USO DOS AGREGADOS



FONTE: O autor (2019)

Para a simulação dos cenários foi admitido distância de 10, 20 km e 30km. Estas distâncias atingem grande parte dos bairros de Curitiba, os quais tem uma quantidade considerável de obras de construção, demolição e reforma e consequentemente produzem elevado montante de RCD, bem como necessitam de matéria prima para suas obras de pavimentação. Os cenários de 50 km, 100 km e 200 km também foram incluídos para verificar a factibilidade em condições extremas, como municípios satélites.

Em relação aos agregados naturais, foram selecionadas 5 pedreiras a partir de pesquisas na internet. As distâncias entre as mineradoras selecionadas e o centro de Curitiba (TABELA 2) foram obtidas por meio da utilização do Programa Google Earth (GOOGLE, 2018).

TABELA 2 – DISTÂNCIA ENTRE 5 MINERADORAS DA RMC E O CENTRO DE CURITIBA

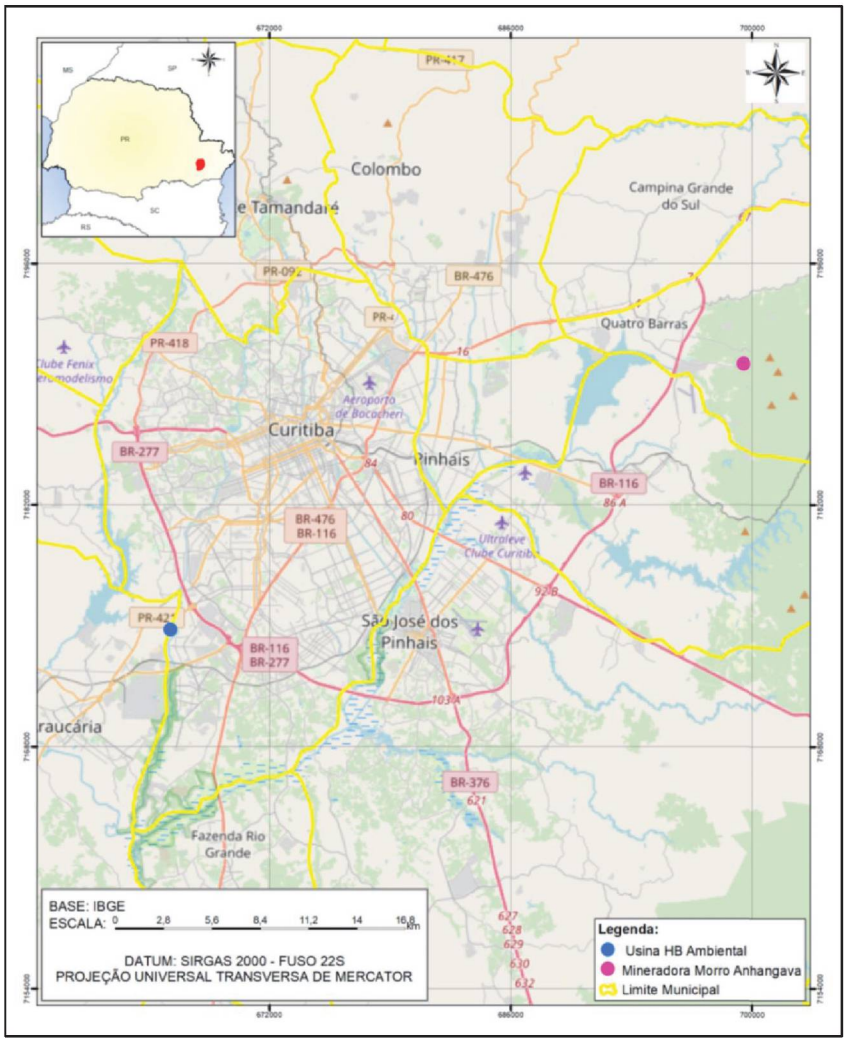
MINERADORA	ENDEREÇO	DISTÂNCIA (km)
Serra da Prata	Estrada de Roseira s/n, São José dos Pinhais - PR	24,3
Boa Esperança	Alameda, R. Boa Esperança, 1224 - Contenda - PR	36,4
Areal Costa	Rod. BR 277, São Luiz do Purunã- Balsa Nova - PR	48,0
Morro Anhangava	Pref. Domingos Mocelin, 595 - Quatro Barras - PR	30,5
Boscardin	Estrada da Pedreira, s/n, Redondo, Piraquara - PR	29,2

FONTE: O autor (2018)

Neste caso, a distância média entre o local de extração e o ponto de uso dos agregados (distância entre local de extração mineral e marco zero de Curitiba) foi calculada em 30 km. Este valor foi usado para os cálculos de ACV, bem como os valores artificiais para situações hipotéticas (50, 100 e 200 km), a fim de avaliar a influência do transporte nos resultados quando o local de utilização dos agregados for afastado da Região Metropolitana de Curitiba.

A localização da Mineradora Morro Anhangava e da Usina de Reciclagem HB Ambiental em relação a Curitiba podem ser observadas na FIGURA 11.

FIGURA 12 – LOCALIZAÇÃO USINA DE RECICLAGEM HB AMBIENTAL E MINERADORA MORRO ANHANGAVA



FONTE: O autor (2019)

4.3 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DO CICLO DE VIDA

A avaliação pelo método IMPACT 2002+ do Instituto Federal Suíço de Tecnologia – Lausanne (EPFL) avaliou a abordagem combinada de 15 categorias de *midpoint* (fatores de danos) e 4 de *endpoint* (dano provocado). Este método é considerado um dos mais completos, uma vez que usufrui das metodologias orientadas para o problema e para os danos ao mesmo tempo, além de abrangerem as categorias de impacto em grande escala. Por meio dele, todos os tipos de intervenções são ligados às categorias de danos: saúde

humana, qualidade dos ecossistemas, alterações climáticas e de recursos (JOLLIET et al., 2003; FLORINDO et al., 2015) (FIGURA 13).

Neste estudo, a Depleção da camada de ozônio e a Oxidação fotoquímica foram consideradas somente para Saúde humana, evitando uso de fatores de ponderação e admitindo a maior criticidade para o risco a vida humana.

A escolha do IMPACT 2002+ permitiu a comparação dos resultados com outros trabalhos do setor da construção civil publicados anteriormente (PINI et al., 2014; SUÁREZ et al., 2016; GIUDICE et al., 2017; KITTIPONGVISES, 2017; ROSADO et al., 2017; DAHMEN et al., 2018; EVANGELISTA et al., 2018). De acordo com o Manual ILCD "Avaliação das Metodologias de Avaliação de Impacto Ambientais Existentes para Utilização na Avaliação do Ciclo de Vida", o IMPACT2002+ é útil em estudos de avaliação comparativa (EUROPEAN COMISSION, 2010).

Além disso, o IMPACT 2002+ calcula o consumo de energia não renovável e reconhece o dióxido de carbono como a substância que tem a maior responsabilidade pela estufa efeito, e seu impacto sobre as mudanças climáticas, aspectos fundamentais a serem levados em consideração, especialmente no caso de processos fabris (INGRAO et al., 2014). De acordo com os autores, o método supramencionado foi criado para ser mais compreensível para os utilizadores internos e consequentemente, mais fácil de ser utilizado.

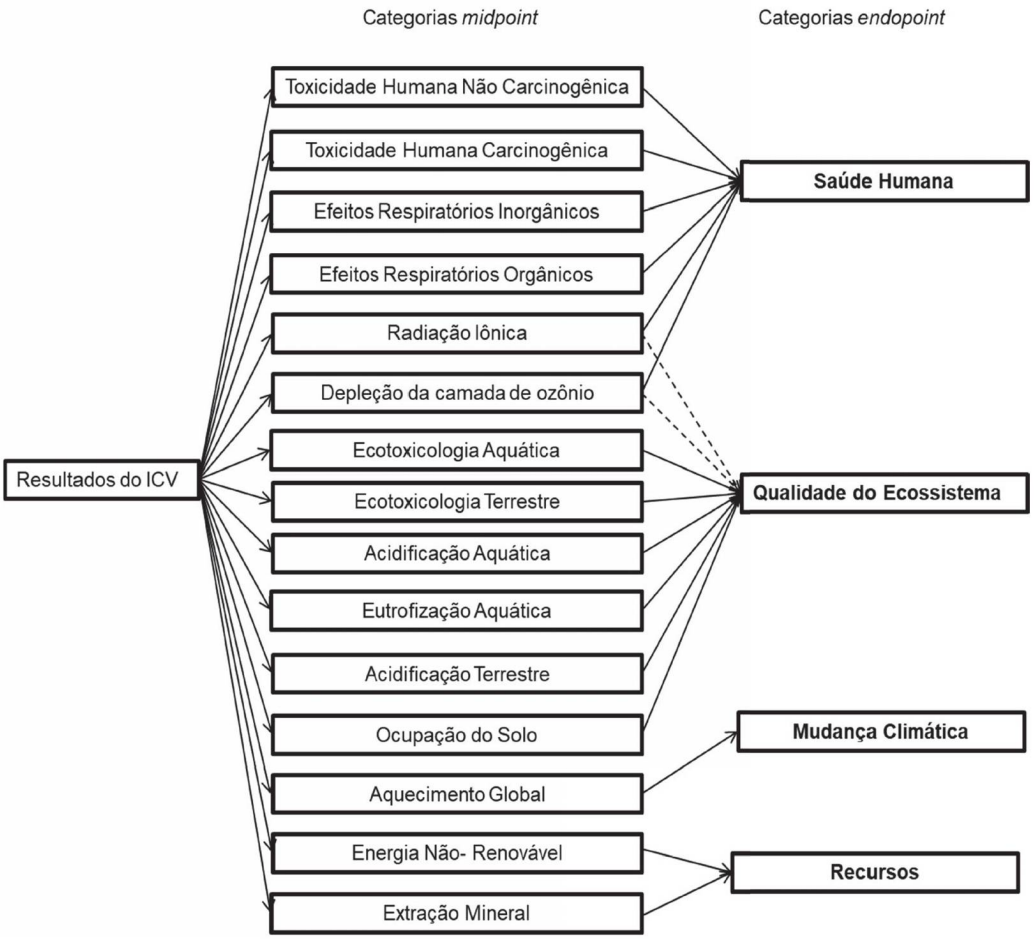
Para a avaliação foram seguidos os elementos de seleção das categorias de impactos, classificação e caracterização, finalizando com a interpretação dos resultados.

Inicialmente, para a seleção de categorias de impactos a serem estudadas, foi realizada a normalização dos resultados. A normalização representa a média do impacto de uma categoria específica causada em uma pessoa ano (person*year), por meio dela é possível compreender a importância relativa e magnitude dos resultados. Além disso, este processo auxilia na verificação de contradições nos resultados (GUINÉE et al., 2002).

Em seguida, as categorias de impactos relevantes para o estudo de acordo com a normalização foram classificadas e caracterizadas. Nesta etapa foram avaliados os principais componentes das categorias de impactos, como

tipo de poluente (para os meios aquático, terrestre e atmosférico), consumo de matéria-prima (combustível e energia) e uso do solo, relacionando estes componentes aos processos do ciclo de vida dos agregados reciclados e naturais.

FIGURA 13 – CATEGORIAS *MIDPOINT* E *ENDPOINT*



FONTE: Adaptado de Jolliet et al. (2003)

4.4 INTERPRETAÇÃO DO CICLO DE VIDA

A interpretação dos ciclos de vida se fundamentou em uma avaliação de sensibilidade para avaliar o efeito da distância de transporte, o que contribui com as decisões gerenciais objetivas.

Primeiramente, foi realizada a variação das distâncias entre o local de geração dos resíduos até a usina de reciclagem e entre a usina de reciclagem e o ponto final de uso do material. Nesse caso, procurou verificar até qual distância o processo de produção do agregado reciclado é mais vantajoso do ponto de vista ambiental do que o processo do agregado natural e como a distância afeta as categorias de impacto especificadamente no caso do agregado natural.

Dessa forma, inicialmente a distância entre a pedreira–consumidor final se manteve constante e a distância obra-usina de reciclagem-consumidor final assumiu os seguintes valores 10, 20, 30, 50, 100 e 200 km. E em seguida, a distância entre o agregado natural e o consumidor final foi assumida com os valores de 30, 50, 100 e 200 km.

4.5 COMPARAÇÃO ENTRE CENÁRIOS

A comparação, Cenários 1 (produção de agregado natural) e Cenário 2 (produção agregado reciclado), foi realizada avaliando as diferenças entre os resultados normalizados (person*year) para as categorias de danos e impactos e a comparação entre os resultados totais por categoria de impactos, com o objetivo de apoiar a escolha do "melhor" agregado do ponto de vista ambiental para aplicação de RCD na pavimentação.

Por meio dos resultados totais para as categorias impactos estimou-se qual seria a minimização de emissão de CO_2 bem como o consumo de Energia Não Renovável caso todo o montante de RCD disposto em aterro anualmente, no âmbito da cidade de Curitiba, Região Metropolitana de Curitiba e Brasil, fosse reciclado. Além disso, esta estimativa de geração também foi base para a avaliação da capacidade de processamento das usinas instaladas atualmente na Grande Curitiba e da possibilidade locacional de novas usinas a serem instaladas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PROCESSOS DE PRODUÇÃO

Visitas técnicas permitiram definir os fluxogramas de processo. Os fluxogramas dos dois cenários de produção de agregados naturais e de agregados reciclados indicam as entradas, os processos e as saídas dos sistemas de produção.

A produção dos agregados naturais (FIGURA 09) apresenta os seguintes processos elementares: extração do mineral com a perfuração da rocha e uso de explosivos, transporte fabril entre o local de extração e o equipamento de britagem, britagem da rocha e separação dos agregados por peneiras e, por fim, o transporte de distribuição do agregado natural até o seu uso final.

A respeito do sistema dos agregados reciclados (FIGURA 10), os processos elementares da produção são iniciados pelo recebimento do RCD do tipo A com separação parcial na fonte. Posteriormente, tem a separação complementar manual do material em RCDrA (cimentício-pétreo), RCDrB (madeira e aço) e resíduos que não podem ser reciclados, seguido pelo transporte do material até o equipamento de beneficiamento dos agregados (britagem e peneiramento) e, por fim, o transporte do material até o uso em base e sub-base de pavimentos. Além disso, foram considerados factíveis a recuperação do aço e a reutilização da madeira como combustível.

As entradas comuns às duas produções são consumo de combustível (diesel) para o maquinário e os transportes, as matérias-primas (RCD e calcário) e o consumo de energia elétrica específica para o funcionamento do equipamento de fragmentação do material. A produção dos agregados naturais conta também com o consumo de explosivo.

Similarmente, as duas produções apresentam em comum as saídas dos agregados (reciclado e natural) e as emissões atmosféricas (material particulado, CO_2, NO_x, SO_3). Estas emissões foram obtidas no estudo de Rosado et al. (2017). Diferentemente, o sistema dos Agregados Reciclados fornece as seguintes saídas:

a) Metal: como subproduto, podendo evitar o processo de produção de metal “novo”;
b) Madeira: como combustível para geração de energia com a sua queima em caldeira, evitando o consumo de cavacos de madeira de melhor qualidade;
c) Resíduos inviáveis de reciclagem e que seguem para aterro;

5.2 AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA

Com o uso do Inventário do Ciclo de Vida foram identificadas e quantificadas as entradas materiais e energéticas dos sistemas estudados de acordo com a unidade funcional escolhida de 1 (uma) tonelada dos dois tipos de agregados e cada fronteira estipulada. A TABELA 3 apresenta os dados primários coletados referentes à produção dos RCDrA e do agregado natural para o ano de 2017.

TABELA 3 – DADOS PRIMÁRIOS DE PRODUÇÃO DE RCDr E DE AGREGADO NATURAL

PRODUÇÃO	AGREGADO NATURAL	RCDr
Empresa	Mineradora Morro Anhangava	HB Ambiental
Fundação da Empresa	1987	2017
Número de empregados	15	cinco
Horas de Trabalho	8 h/dia	4 h/dia*
	5 dias/semana	8 h/dia**
		5 dias/semana
Área Total	338.800,00 m²	10, 194,00 m²
Ocupação do Solo	Vegetação Nativa	Vegetação Nativa
Capacidade de Produção	1.500 t/dia	55 t/dia
	187,5 t/h	13,75 t/h
Tipo de Rocha	Calcário	----------
Explosivo (tovex)	96 g/t extraída	----------
Consumo de diesel	1000 L/mês	3L/hora
Consumo processo de beneficiamento	----------	Energia: 37,5 kWh

FONTE: O autor (2019)

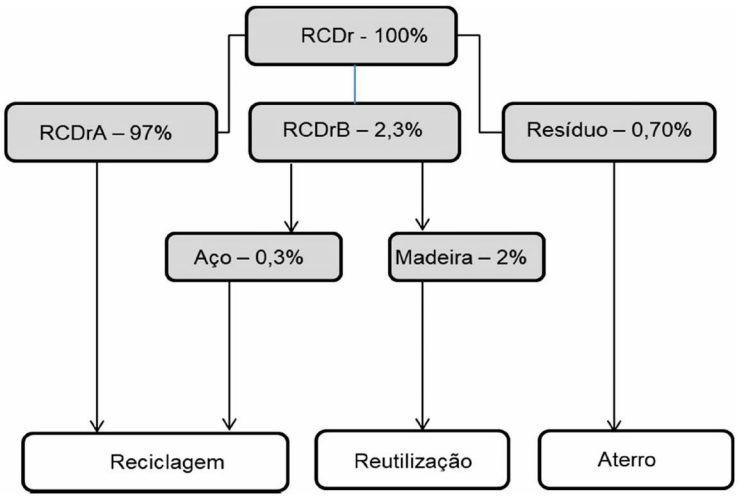
NOTA 1: *Horas de funcionamento do equipamento; **Regime de trabalho da Usina de reciclagem.

NOTA 2: As horas de funcionamento do equipamento não são iguais às horas do regime de trabalho da usina de reciclagem, uma vez que não é vantajoso a empresa processar quantidade de material além do que é vendido.

A TABELA 4 apresenta dados de entrada no SimaPro para a produção dos dois tipos de agregados (naturais e reciclados), bem como os dados de

entrada das produções evitadas presentes no Cenário 2 (RCDrA). Como não ocorre a separação completa na fonte (obra) dos resíduos da construção civil, o RCDr recebido na usina de reciclagem conta com a presença de materiais como o aço e a madeira. A composição de RCDr utilizada foi 97,0% de resíduos do tipo classe A, 2% de madeira, 0,30% aço e 0,70% de resíduos a serem encaminhados a aterro sanitário, essas porcentagens foram baseadas nos quantidades recebidas na usina de reciclagem (FIGURA 14).

FIGURA 14 – ESQUEMA DE ALOCAÇÃO EM PORCENTAGEM DE MASSA DE CADA MATERIAL COMPONENTE DO RCDr



FONTE: O autor (2019)

Especificadamente para o caso do aço, como este resíduo é passível de reciclagem, a produção deste material pode ser evitada. Para a madeira, como a qualidade deste resíduo é baixa, ela pode ser utilizada como combustível em caldeira para geração de energia e calor, e assim, o combustível de lascas de madeira que seriam utilizadas pode ser evitado. Estes processos que foram assumidos como evitados são os geradores de valores negativos, ou seja, impactos evitados. Em seu estudo, Rosado et al. (2017), também evidenciou a grande influência dos processos evitados (produção de aço e produção e madeira) nos resultados finais obtidos.

TABELA 4 – DADOS DE ENTRADA NO SIMAPRO DA PRODUÇÃO DE AGREGADOS NATURAIS (AgrNat), BENEFICIAMENTO DO RCDr E DA RECICLAGEM DE MATERIAIS SECUNDÁRIOS DOS RCDr.

PRODUÇÃO	AgrNat	RCDr
Cenários	1	2
Ocupação do solo (m²)	0,94	0,77
Transformação do solo (m²a)	0,047	0,015
Mineral (t)	1,05	-----
Explosivo (g)	96	-----
RCDr (t)	-------	1,03
Eletricidade (kWh)	4,58	2,72
Diesel (MJ)	1,19	8.06
Transporte distribuição (tkm)	30	30
Disposição em aterro sanitário (t)	--------	0,0047
Transporte de lixo para aterro (tkm)	--------	0,26
Produção de aço		
Eletricidade (kWh)	-------	0,168
Diesel (MJ)	-------	0,72
Produção de calor (madeira como combustível)		
Combustível (MJ)	-------	376
Fronteiras evitadas		
Disposição de material inerte em aterro (t)	------	1
Produtos Evitados		
Madeira (t)	-------	0,02
Aço (t)	-------	0,003
Emissões Atmosféricas (g)		
Dióxido de Carbono	3670	8,4
Monóxido de Carbono	25,1	262
Metano	6,1	38,4
Óxido de Nitrogênio	76,7	36
Compostos Orgânicos Voláteis Não metanos	12	17,4
$MP_{2,5}$	2,1	9,3
MP_{10}	3,1	6,8
$MP_{2,5}$ a MP_{10}	1,5	4,3
Dióxido de Enxofre	6,5	41,7
Monóxido de Enxofre	1,1	4,9
Compostos Orgânicos Voláteis	0,5	2,3

FONTE: O autor (2019)

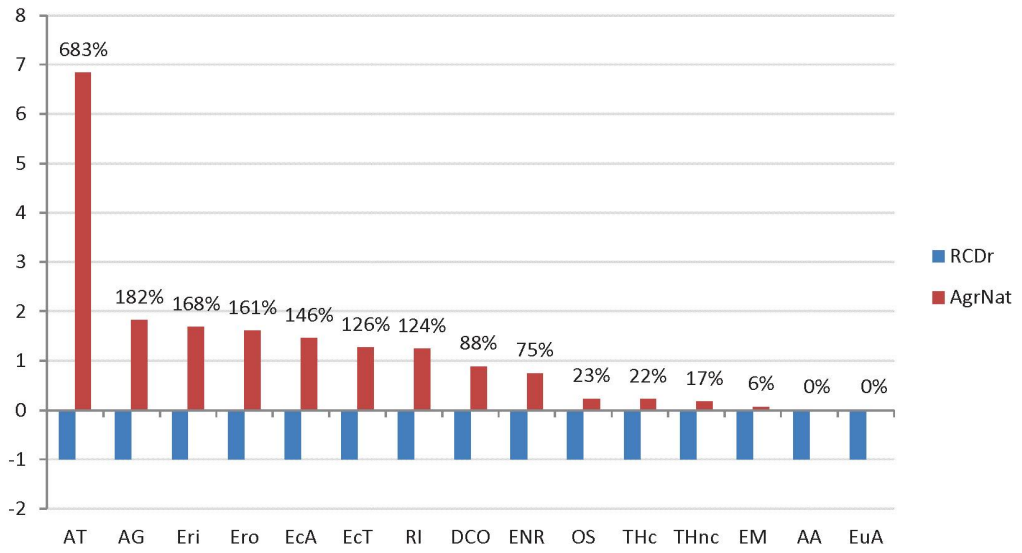
5.3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Os resultados foram expressos para as 15 categorias de impactos (FIGURA 15) por meio de uma comparação entre os cenários em porcentagens. É possível identificar que os impactos do Cenário 1 (AgrNat) são todos superiores aos impactos do Cenário 2 (RCDrA). As categorias de impactos que apresentaram diferença mais significativa entre os cenários foram Acidificação Terrestre, Aquecimento Global e Efeitos Respiratórios Inorgânicos (683%, 182% e 168% respectivamente). Além disso, os demais efeitos tiveram

redução entre 6 e 161%, sendo uma redução média de 79%. Somente nesta abordagem, fica evidente a recomendação da reciclagem do RCD do tipo A, mesmo que contaminado com madeira e resíduos metálicos.

A TABELA 5 apresenta os valores da contribuição do impacto ambiental, em cada atividade da produção dos agregados reciclados e naturais.

FIGURA 15 – PORCENTAGEM COMPARATIVA ENTRE O CENÁRIO 1 (AgrNat) E CENÁRIO 2 (RCDr)



FONTE: O autor (2019)

LEGENDA: EcA = Ecotoxicologia Aquática; EcT = Ecotoxicologia Terrestre; AT = Acidificação Terrestre; DCO = Depleção Camada de Ozônio; AG = Aquecimento Global; RI = Radiação Iônica; ENR = Energia Não Renovável; Ero= Efeitos Respiratórios orgânicos; THnc = Toxicidade Humana não-carcinogênica; Eri = Efeitos Respiratórios inorgânicos; OS = Ocupação do Solo; THc = Toxicidade Humana carcinogênica; EM = Extração Mineral; AA = Acidificação Aquática; EuA = Eutrofização Aquática.

A apresentação dos resultados foi dividida em categorias de impactos mais significantes quantitativamente de acordo com a normalização dos dados com relação à massa de matéria (1 tonelada).

TABELA 5 – VALORES DE CONTRIBUIÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL PARA AS ATIVIDADES DE PRODUÇÃO PARA CADA CENÁRIO DO ESTUDO

(continua)

Impacto		Extração calcário	T. Fabril	Correia transportadora	Processamento mineral	T. Distribuição	Britagem	Disposição inerte*	Prod. Calor*	Prod. Aço*	Aterro sanitário
THc	AgrNat	$7,80x10^{-3}$	$8,14x10^{-4}$	$2,11x10^{-2}$	$1,89x10^{-3}$	$2,88x10^{-2}$	$3,38x10^{-2}$	-	-	-	-
	RCDr	-	$5,62x10^{-3}$	-	-	$3,00x10^{-2}$	$1,95x10^{-2}$	$-7,62x10^{-2}$	$-5,72x10^{-2}$	$-3,45x10^{-1}$	$3,58x10^{-4}$
THnc	AgrNat	$1,87x10^{-2}$	$4,59x10^{-4}$	$1,29x10^{-2}$	$1,69\ x10^{-3}$	$9,96x10^{-2}$	$6,70x10^{-3}$	-	-	-	-
	RCDr	-	$3,6x10^{-3}$	-	-	$9,78x10^{-2}$	$3,86x10^{-3}$	$-5,21x10^{-1}$	$-5,85x10^{-1}$	$-2,89x10^{-1}$	$2,45\ x10^{-4}$
Eri	AgrNat	$6,10x10^{-3}$	$3,01x10^{-4}$	$4.33x10^{-4}$	$4.14x10^{-5}$	$7,26x10^{-3}$	$1,16x10^{-3}$	-	-	-	-
	RCDr	-	$1,98x10^{-3}$	-	-	$7,06x10^{-3}$	$6,70x10^{-4}$	$-1,11x10^{-2}$	$-5,52x10^{-3}$	$-1,45x10^{-2}$	$5,21x10^{-5}$
RI	AgrNat	$2,52x10^{0}$	$7,37x10^{-1}$	$1.42x10^{0}$	$1.13x10^{-1}$	$3.77x10^{+1}$	$1,22x10^{+1}$	-	-	-	-
	RCDr	-	$4,84x10^{0}$	-	-	$3,64x10^{+1}$	$7,05x10^{0}$	$-6,75x10^{+1}$	$-4,20x10^{0}$	$-2,12x10^{+1}$	$3,17x10^{-1}$
DCO	AgrNat	$4,97x10^{-8}$	$1,98x10^{-8}$	$1.48x10^{-8}$	$1.80x10^{-9}$	$9.19x10^{-7}$	$8,84x10^{-8}$	-	-	-	-
	RCDr	-	$1,30x10^{-7}$	-	-	$8,90x10^{-7}$	$5,09x10^{-8}$	$-1,72x10^{-6}$	$-2,62x10^{-7}$	$-3,44x10^{-7}$	$8,07x10^{-9}$
Ero	AgrNat	$3,67x10^{-3}$	$1,17x10^{-4}$	$2,71x10^{-4}$	$1,41x10^{-5}$	$2,92x10^{-3}$	$1,55x10^{-4}$	-	-	-	-
	RCDr	-	$7,73x10^{-4}$	-	-	$2,88x10^{-3}$	$9,03x10^{-5}$	$-5,01x10^{-3}$	$-1,76x10^{-3}$	$-6,64x10^{-3}$	$2,35x10^{-5}$
EcA	AgrNat	$7,19x10^{+3}$	$4,28x10^{0}$	$3,93x10^{+1}$	$3,92x10^{0}$	$4,75x10^{+2}$	$4,19\ x10^{+2}$	-	-	-	-
	RCDr	-	$2,82x10^{+1}$	-	-	$4,62x10^{+2}$	$2,41x10^{+1}$	$-4,42x10^{+2}$	$-4,52x10^{+3}$	$-8,75x10^{+2}$	$2,08x10^{0}$
EcT	AgrNat	$1,84x10^{+3}$	$1,03x10^{0}$	$1,08x10^{+1}$	$1,42x10^{0}$	$3,79x10^{+2}$	$7,69x10^{0}$	-	-	-	-
	RCDr	-	$6,79x10^{0}$	-	-	$3,68x10^{+2}$	$4,40x10^{0}$	$-1,30x10^{+2}$	$-1,66x10^{+3}$	$-3,71x10^{+2}$	$6,11x10^{-1}$
AA	AgrNat	$3,67x10^{-2}$	$1,06x10^{-3}$	$1,09x10^{-3}$	$1,35x10^{-4}$	$3,09x10^{-2}$	$4,30x10^{-3}$	-	-	-	-
	RCDr	-	$6,97x10^{-3}$	-	-	$3,01x10^{-2}$	$2,50x10^{-3}$	$-4,43x10^{-2}$	$-2,79x10^{-2}$	$-3,28x10^{-2}$	$2,08x10^{-4}$
AT	AgrNat	$2,78x10^{-1}$	$7.23x10^{-3}$	$3,95x10^{-3}$	$4.13x10^{-4}$	$1,92x10^{-1}$	$1,23x10^{-2}$	-	-	-	-
	RCDr	-	$4,76x10^{-2}$	-	-	$1,87x10^{-1}$	$7,25x10^{-3}$	$-2,49x10^{-1}$	$-2,08x10^{-1}$	$-1,18x10^{-1}$	$1,17x10^{-3}$

Impacto		Extração calcário	T. Fabril	Correia transportadora	Processamento mineral	T. Distribuição	Britagem	Disposição inerte*	Prod. Madeira*	Prod. Aço*	Aterro sanitário
EuA	AgrNat	$1{,}02x10^{-4}$	$9{,}97x10^{-6}$	$1{,}53x10^{-4}$	$2{,}43x10^{-5}$	$5{,}69x10^{-4}$	$1{,}16x10^{-4}$	-	-	-	-
	RCDr	-	$6{,}58x10^{-5}$	-	-	$5{,}55x10^{-4}$	$6{,}68x10^{-5}$	$-9{,}51x10^{-4}$	$-2{,}04x10^{-3}$	$-6{,}36x10^{-3}$	$4{,}47x10^{-6}$
OS	AgrNat	$7{,}39x10^{-1}$	$2{,}22x10^{-4}$	$4{,}09x10^{-3}$	$3{,}92x10^{-4}$	$2{,}13x10^{-1}$	$3{,}87x10^{-3}$	-	-	-	-
	RCDr	-	$1{,}46x10^{-3}$	-	-	$2{,}07x10^{-1}$	$2{,}15x10^{-3}$	$-8{,}34x10^{-1}$	$-4{,}03x10^{0}$	$-1{,}01x10^{-1}$	2.25E-02
AG	AgrNat	$5{,}70\ x10^{-1}$	$1{,}09\ x10^{-1}$	$2{,}65\ x10^{-1}$	$2{,}15\ x10^{-2}$	$4.97\ x10^{0}$	$9{,}80\ x10^{-1}$	-	-	-	-
	RCDr	-	$7{,}14x10^{-1}$	-	-	$4{,}80x10^{0}$	$5{,}64x10^{-1}$	$-5{,}04x10^{0}$	$-7{,}00x10^{-1}$	$-6{,}76x10^{0}$	$2{,}37\ x10^{-2}$
ENR	AgrNat	$6{,}13\ x10^{0}$	$1{,}69\ x10^{0}$	$2{,}84\ x10^{0}$	$2{,}36\ x10^{-1}$	$8{,}12\ x10^{+1}$	$1{,}41\ x10^{+1}$	-	-	-	-
	RCDr	-	$1{,}12x10^{+1}$	-	-	$7{,}90x10^{+1}$	$8{,}16x10^{0}$	$-1{,}57x10^{+2}$	$-9{,}23x10^{0}$	$-7{,}50x10^{+1}$	$7{,}39\ x10^{-1}$
EM	AgrNat	$6{,}51\ x10^{-2}$	$1{,}03x10^{-3}$	$8{,}79x10^{-2}$	$1.77\ x10^{-2}$	$7.48\ x10^{-2}$	$6{,}20\ x10^{-3}$	-	-	-	-
	RCDr	-	$6{,}77x10^{-3}$	-	-	$7{,}31x10^{-2}$	$3{,}56x10^{-3}$	$-8{,}28x10^{-2}$	$-3{,}21x10^{-2}$	$-3{,}92x10^{0}$	$3{,}89x10^{-4}$

FONTE: O autor (2019)

LEGENDA: THc = Toxicidade Humana carcinogênica; THnc = Toxicidade Humana não-carcinogênica; Eri = Efeitos Respiratórios inorgânicos; RI = Radiação Iônica; DCO = Depleção Camada de Ozônio; Ero= Efeitos Respiratórios orgânicos; Eca = Ecotoxicologia Aquática; EcT = Ecotoxicologia Terrestre; AA = Acidificação Aquática; AT = Acidificação Terrestre; EuA = Eutrofização Aquática; OS = Ocupação do Solo; AG = Aquecimento Global; ENR = Energia Não Renovável; EM = Extração Mineral; AgrNat= Agregado Natural; RCDr = Agregado Reciclado; T Fabril = Transporte Fabril; T. Distribuição = Transporte de Distribuição; Prod. Madeira = Produção de Madeira; Prod. Aço = Produção de Aço.

NOTA1: * Processos evitados

Para os dois cenários (Processos de Produção dos Agregados Naturais e Processo de Produção dos Agregados Reciclados) foram selecionadas cinco categorias de impactos (QUADRO 8) dentre das 15 possíveis, sendo elas: Efeitos Respiratórios Inorgânicos, Ecotoxicologia Terrestre, Ocupação do Solo, Aquecimento Global e Energia Não Renovável.

QUADRO 8 – CATEGORIAS DE IMPACTOS (*MIDPOINT*) E DANOS (*ENDPOINT*) USADAS NO ESTUDO

CATEGORIA DE DANO	CATEGORIAS DE IMPACTOS	UNIDADE
Saúde Humana	Efeitos Respiratórios Inorgânicos	kg $PM_{2,5}$ eq
Qualidade do Ecossistema	Ecotoxicologia terrestre	kg TEG soil
	Ocupação do Solo	m² org.arable
Mudança Climática	Aquecimento Global	kg CO_2 eq
Recurso	Energia não renovável	MJ primary

FONTE: O autor (2019)

Somente cinco categorias de impacto provocam cerca de 95% de todos impactos para a produção de agregado natural ou reciclagem de RCD tipo A. Para o Cenário 1 (Produção de Agregados Naturais), as cinco categorias escolhidas são correspondem a 96,74 % do total de Impactos deste sistema (TABELA 6), enquanto que para o Cenário 2 (Produção de Agregados Reciclados) a 90,93 % (TABELA 7).

As mesmas categorias supracitadas já foram relatadas como significativas para extração e/ou beneficiamento de calcário (KITTIPONGVISES, 2017), basalto (ROSADO et al., 2017), cerâmica (GIUDICE et al., 2017) e agregados naturais grossos em geral (BLENGINI e GARBARINO, 2010; EVANGELISTA et al., 2018).

Além disso, a normalização dos resultados revelou que as duas produções não tem efeito relevante (0% do total de impactos dos sistemas) para Acidificação Aquática e Eutrofização Aquática, uma vez que, ambas as produções não se localizam próximos a corpos d'água e não envolvem a emissão de efluentes industriais que aportem nutrientes (fósforo e nitrogênio) para os corpos d'água.

TABELA 6 – RESULTADOS NORMALZADOS PARA A PRODUÇÃO DO AGREGADO NATURAL POR CATEGORIA DE IMPACTO

	CATEGORIA DE IMPACTO	DANO	PERSON*YEAR	%	% CUM.
1	Efeitos Respiratórios Inorgânicos	Saúde Hum.	$2,74x10^{-3}$	44,97	44,97
2	Ecotoxicologia Terrestre	Qualid. Ecos.	$1,30x10^{-3}$	21,27	66,24
3	Aquecimento Global	Mud. Climát.	$1,08x10^{-3}$	17,75	83,99
4	Energia não renovável	Recursos	$7,00x10^{-4}$	11,49	95,48
5	Ocupação do Solo	Qualid. Ecos.	$7,65x10^{-5}$	1,26	96,74
6	Acidificação Terrestre	Qualid. Ecos.	$7,01x10^{-5}$	1,15	97,89
7	Toxicidade Humana Não carcinogênica	Saúde Hum.	$5,53x10^{-5}$	0,91	98,80
8	Toxicidade Humana Carcinogênica	Saúde Hum.	$3,72x10^{-5}$	0,61	99,41
9	Ecotoxicologia Aquática	Qualid. Ecos.	$2,84x10^{-5}$	0,47	99,88
10	Efeitos Respiráveis Orgânicos	Saúde Hum	$4,33x10^{-6}$	0,07	99,95
11	Extração Mineral	Recursos	$1,66z10^{-6}$	0,03	99,98
12	Radiação Iônica	Saúde Hum.	$1,62x10^{-6}$	0,03	100,01
13	Depleção da camada de Ozônio	Saúde Hum.	$1,62x10^{-7}$	0,00	100,01
14	Acidificação Aquática	Qualid. Ecos.	$0,00x10^{0}$	0,00	100,01
15	Eutrofização Aquática	Qualid. Ecos.	$0,00x10^{0}$	0,00	100,01

FONTE: O autor (2019)

LEGENDA: Qualid. Ecos = Qualidade do Ecossistema; Saúde Hum = Saúde Humana; Mud. Climát. = Mudanças Climáticas; CUM = Cumulativa.

TABELA 7 – RESULTADOS NORMALZADOS PARA A PRODUÇÃO DO AGREGADO RECICLADO POR CATEGORIA DE IMPACTO

	CATEGORIA DE IMPACTO	DANO	PERSON*YEAR	%	% CUM.
1	Efeitos Respiratórios Inorgânicos	Saúde Hum.	$-1,63x10^{-3}$	32,74	32,74
2	Ecotoxicologia Terrestre	Qualid. Ecos.	$-1,03x10^{-3}$	20,72	53,46
3	Energia não renovável	Recursos	$-9,37x10^{-4}$	18,84	72,03
4	Aquecimento Global	Mud. Climát.	$-5,94x10^{-4}$	11,95	84,25
5	Ocupação do Solo	Qualid.Ecos.	$-3,32x10^{-4}$	6,68	90,93
6	Toxicidade Humana Não carcinogênica	Saúde Hum.	$-2,24x10^{-4}$	4,51	95,44
7	Toxicidade Humana Carcinogênica	Saúde Hum.	$-1,67x10^{-4}$	3,36	98,80
8	Extração Mineral	Recursos	$-2,60x10^{-5}$	0,52	99,32
9	Ecotoxicologia Aquática	Qualid. Ecos.	$-1,95x10^{-5}$	0,39	99,71
10	Acidificação Terrestre	Qualid. Ecos.	$-1,03x10^{-5}$	0,21	99,92
11	Efeitos Respiráveis Orgânicos	Saúde Hum.	$-2,69x10^{-6}$	0,05	99,97
12	Radiação Iônica	Saúde Hum.	$-1,31x10^{-6}$	0,03	100,00
13	Depleção da camada de Ozônio	Saúde Hum.	$-1,84\ x10^{-7}$	0,00	100,00
14	Acidificação Aquática	Qualid. Ecos.	$0,00x10^{0}$	0,00	100,00
15	Eutrofização Aquática	Qualid. Ecos.	$0,00x10^{0}$	0,00	100,0

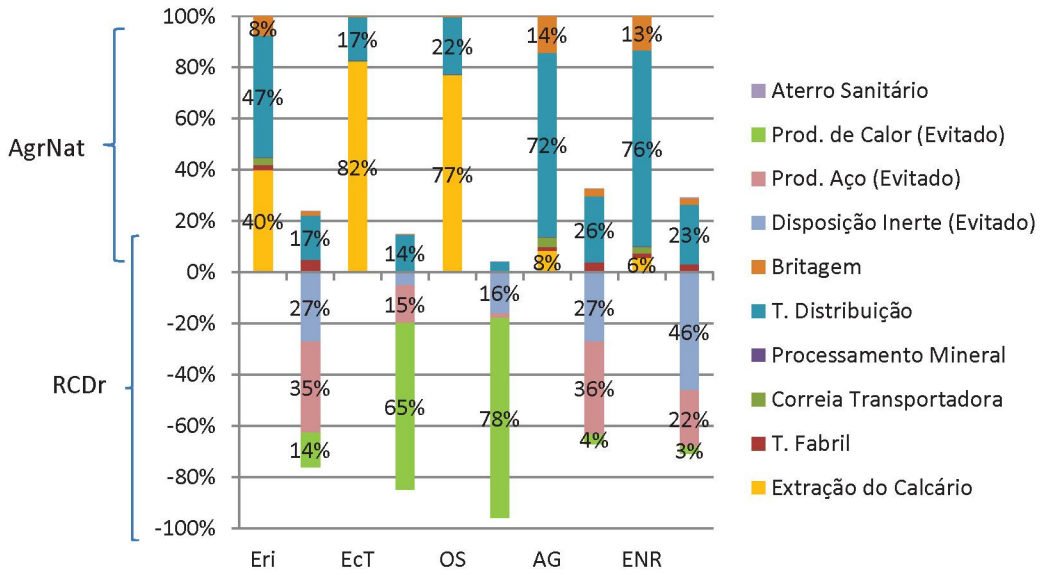
FONTE: O autor (2019)

LEGENDA: Qualid. Ecos = Qualidade do Ecossistema; Saúde Hum = Saúde Humana; Mud. Climát. = Mudanças Climáticas; CUM = Cumulativa

As operações de produção agregado natural ou reciclagem do agregado provoca contribuição deletéria que foram individualizadas (FIGURA 16), sendo que alguns componentes são evitados (valor negativo) pela desnecessidade de produção de aço e madeira.

As atividades mais representativas na geração de impactos do Cenário 1 foram extração de calcário (40% da categoria de "Efeitos Respiratórios Inorgânicos", 82% da categoria "Ecotoxicologia Terrestre" e 77% da categoria "Ocupação do Solo") e transporte de distribuição do agregado natural (47% da categoria de "Efeitos Respiratórios Inorgânicos", 72% da categoria de "Aquecimento Global" e 76% da categoria de "Energia Não Renovável"). Estes resultados foram consistentes com relatos anteriores (KUKFISZ e MARANDA, 2014; SUÁREZ et al., 2016; KITTIPONGIVISES, 2017; ROSADO et al., 2017; EVANGELISTA et al., 2018) (TABELA 8).

FIGURA 16 – CONTRIBUIÇÃO DE CADA ATIVIDADE DE PRODUÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS E NATURAIS NAS CATEGORIAS AVALIADAS



FONTE: O autor (2019)

NOTA: Eri = Efeitos Respiratórios inorgânicos; AG = Aquecimento Global; EcT = Ecotoxicologia Terrestre; OS = Ocupação do Solo; ENR = Energia Não Renovável

TABELA 8 – ATIVIDADES MAIS REPRESENTATIVAS E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA PRODUÇÃO DOS AGREGADOS NATURAIS

CATEGORIA DE IMPACTOS	EFEITOS RESPIRATÓRIOS		ECOTOXICOLOGIA TERRESTRE		OCUPAÇÃO DO SOLO*	AQUECIMENTO GLOBAL**	ENERGIA NÃO RENOVÁVEL**
ATIVIDADES	EXTRAÇÃO MINERAL	TRANSPORTE DE DISTRIBUIÇÃO	EXTRAÇÃO MINERAL	TRANSPORTE DE DISTRIBUIÇÃO	EXTRAÇÃO MINERAL	TRANSPORTE DE DISTRIBUIÇÃO	TRANSPORTE DE DISTRIBUIÇÃO
O autor (2019)	40%	47%	82%	17%	77%	72%	76%
Kukfisz e Maranda (2014)	71%	-	-	-	-	-	-
Suárez et al. (2016)	85%	-	-	-	-	-	-
Kittipongivises (2017)	51%	-	85%	-	72%	67%	-
Rosado et al. (2017)	75%	-	95%	-	98%	-	-
Evangelista et al. (2018)	-	30%	-	96%	-	38%	40%

FONTE: O autor (2019)
*Para esta categoria não foi avaliada a atividade de Transporte de Distribuição
**Para estas categorias não foi avaliada a atividade de Extração Mineral.

No Cenário 2, os impactos evitados (valores negativos, que estão relacionados à reciclagem completa do aço, a não disposição do RCDr em aterro e a produção de calor por meio da utilização de lascas de madeira) ultrapassam os impactos produzidos nas cincos categorias.

Para os primeiros, as atividades evitadas de Produção de Aço e a Minimização de Disposição de Material Inerte em aterro correspondem à parcela mais significativa (valores negativos) das categorias de impactos "Efeitos Respiratórios Inorgânicos" (27% disposição de Inerte em aterro e 35% Produção de Aço), "Aquecimento Global" (27% disposição de Inerte em aterro e 36% Produção de Aço) e "Energia Não Renovável" (46% disposição de Inerte em aterro e 22% Produção de Aço). Já a produção de calor evitada tem grande influência sobre as categorias de impacto "Ecotoxicologia Terrestre" (65%) e "Ocupação do Solo" (78%). Logo, por meio destas atividades é possível minimizar o consumo de recursos naturais e também diminuir as emissões de poluentes atmosféricos.

Evangelista et al. (2018) e Turk et al. (2015) também identificaram impactos evitados significantes nestas três categorias devido à recuperação do aço, uma vez que a demanda por ferro gusa foi reduzida. Já para os impactos deletérios produzidos (valores positivos), o transporte do agregado é um fator deletério contribuinte para todas as categorias. Blengini e Garbarino (2010) também identificaram o papel chave do transporte sobre todas as categorias de impactos estudados por eles. Assim, a otimização de sustentabilidade ambiental passa necessariamente por estimular a reciclagem na fonte geradora, bem como estimular a distribuição geográfica de recicladoras em distâncias minimizadas.

5.3.1 Efeitos Respiratórios Inorgânicos

Os Efeitos Respiratórios Inorgânicos são decorrentes majoritariamente pelas emissões de poluentes como NO_x, $MP_{2,5}$, NH_3 e SO_2. Estes gases são considerados nocivos à saúde humana, principalmente ao sistema respiratório humano.

Os óxidos de nitrogênio (NO_x), por exemplo, são causadores de problemas de diminuição da capacidade respiratória, irritação em olhos e

garganta e edemas pulmonares. O material particulado pode causar danos nos sistemas respiratório e circulatório como desencadeamento ou agravamento de inflamações pulmonares, asma, doença pulmonar obstrutiva e câncer, alterações no ritmo cardíaco, modificações na coagulação sanguínea (MACHIM e NASCIMENTO, 2018).

Assim, como os demais o SO_2 é reconhecidamente como um irritante respiratório, que se absorvido nas vias aéreas superiores, se deposita nas porções mais inferiores destas e no parênquima pulmonar (ALMEIRA et al., 2015; BORTOLUCCI et al., 2017).

Por fim, a relação da amônia (NH_3) com a saúde humana apresenta efeitos sobre a pele, olhos, vias aéreas superiores e pulmões. Caso seja inalada pode causar tosse, chiado no peito, falta de ar, asfixiar e queimar as vias áreas superiores (TORRES et al., 2017).

No Cenário 1, a extração mineral (FIGURA 17) para produção de agregado natural foi responsável por 40% do total dos impactos sobre os Efeitos Respiratórios Inorgânicos. Esse valor foi menor que o relatado por Kukfisz e Maranda (2014), os quais indicaram que esta atividade contribui 70,62% do total desta categoria de impacto. Para Pini et al. (2014), os poluentes citados também foram significativos para esta categoria, sendo que o material particulado foi responsável por 48,21% de emissões, o NOx por 25,81% e o SO_2 por 17,40%.

Neste Cenário as emissões de NOx são provenientes principalmente do uso de explosivo na fase de extração do mineral (SUÁREZ et al., 2016). Porém, as atividades de transporte fabril e transporte para distribuição também são grandes responsáveis por essas emissões, além de $PM_{2,5}$ e SO_2, isso ocorre devido ao consumo de diesel usado para a movimentação dos veículos (BARTOLOZZI et al., 2018).

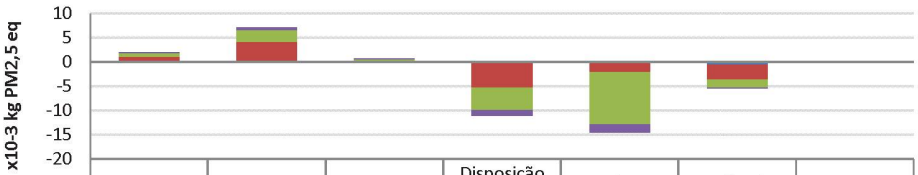
No Cenário 2 (RCDr), o aço reciclado (aço não produzido) diminui a necessidade de ferro-gusa (FIGURA 18) utilizado na produção de aço. Este por sua vez é responsável por evitar a emissão de NOx, minimizando os impactos da categoria (EVANGELISTA et al., 2017). Turk et al. (2015) salienta que a recuperação de metais evita a produção de sínter (aglomerado de partículas finas de minério de ferro) e, consequentemente, as emissões de SO_2.

FIGURA 17 – CONTRIBUIÇÃO DA CATEGORIA DE IMPACTO "EFEITOS RESPIRATÓRIOS INORGÂNICOS" PARA A PRODUÇÃO DO AGREGADO NATURAL NO CENÁRIO 1

	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento Mineral	T. Distribuição	Britagem
SO2	0.11	0.01	0.05	0.0071	0.56	0.24
MP2,5	0.82	0.13	0.31	0.03	2.42	0.71
NOx	4.38	0.16	0.072	0.007	4.27	0.21
NH3	0.72	0.000132	0.002	0.0003	0.00854	0.0023

FONTE: O autor (2019)

FIGURA 18 – CONTRIBUIÇÃO DA CATEGORIA DE IMPACTO "EFEITOS RESPIRÁTORIOS INORGANICOS" PARA A PRODUÇÃO DO AGREGADO RECICLADO NO CENÁRIO 2



	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitada)	Prod. Calor (Evitada)	Aterro Sanitário
SO2	0.08	0.54	0.14	-1.09	-1.52	-0.13	0.005
PM2,5	0.82	2.36	0.41	-4.56	-10.8	-1.68	0.021
NOx	1.08	4.15	0.12	-5.4	-2.08	-3.13	0.025
NH3	0.001	0.01	0.003	-0.02	-0.07	-0.57	0.00009

FONTE: O autor (2019)

5.3.2 Ecotoxicologia Terrestre

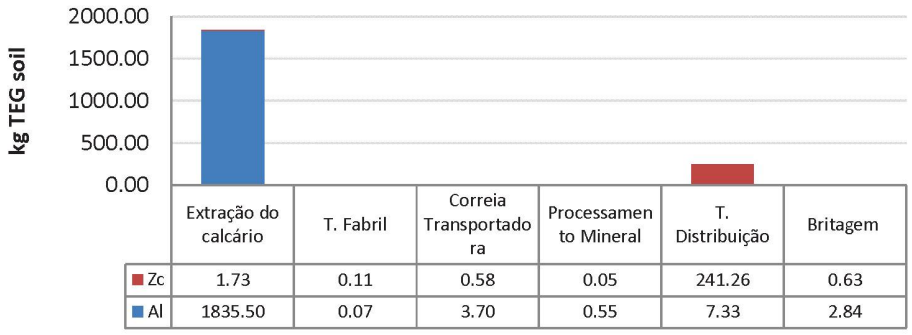
Os metais no solo, quando em quantidades não naturais, podem ser absorvidos por vegetais e animais, causando intoxicação em todos os níveis da cadeia alimentar, e caracterizando estes poluentes como significativos, devido suas toxicidades. As principais propriedades destes elementos são os elevados níveis de reatividade e bioacumulação, ou seja, além de serem capazes de desencadear diversas reações químicas não metabolizáveis (organismos vivos

não podem degradá-los), faz com que permaneçam em caráter cumulativo ao longo da cadeia alimentar (SOUZA et al., 2018; DAR et al., 2019).

No Cenário 1 (AgrNat), a maior contribuição para a categoria se dá pela liberação de alumínio para o ambiente, proveniente da extração deste metal utilizado na fabricação do explosivo (FIGURA 19). Este resultado (1.835,50 kg TEG soil) se mostra consistente com o resultado encontrado por Rosado et al. (2017) em seu estudo (2.771 kg TEG soil). Além do mais, em relação a este impacto, o transporte de distribuição dos agregados tem papel na emissão de Zinco para o solo (17%), relacionado à existência de óleo de motor no veículo de transporte. Lelek et al. (2015) também identificou a presença destes dois poluentes relevantes para a categoria "Ecotoxicologia Terrestre" em seu estudo, a emissão de Alumínio para o ambiente correspondeu a 71,3% do total da categoria, enquanto que a emissão de zinco (Zn) constituiu 16,7%.

O Cenário 2 apresentou muitos impactos positivos (deletérios) gerados principalmente pelo transporte de distribuição dos agregados reciclados. O desgaste de pneus e freios fornece a esta categoria a emissão de 234,19 kg TEG soil de Zn para o solo e 24,77 kg TEG soil de Zn para o ar. Evangelista et al. (2018) também identificou impactos deletérios relacionados às emissões de zinco referentes ao transporte dos materiais.

FIGURA 19 – CONTRIBUIÇÃO DA CATEGORIA DE IMPACTO "ECOTOXICOLOGIA TERRESTRE" PARA A PRODUÇÃO DO AGREGADO NATURAL NO CENÁRIO 1

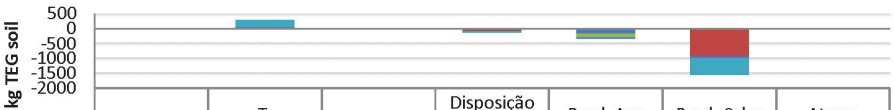


	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento Mineral	T. Distribuição	Britagem
Zc	1.73	0.11	0.58	0.05	241.26	0.63
Al	1835.50	0.07	3.70	0.55	7.33	2.84

FONTE: O autor (2019)

A não produção do aço favorece esta categoria, uma vez que não há necessidade de extração de minério de ferro, e consequentemente não ocorre consumo de alumínio, cromo (elemento essencial para a produção de ligas de ferro-cromo). A produção de calor evitada pela queima de lascas de madeira também promove a não emissão de alumínio e zinco (FIGURA 20).

FIGURA 20 – CONTRIBUIÇÃO DA CATEGORIA DE IMPACTO "ECOTOXICOLOGIA TERRESTRE" PARA A PRODUÇÃO DO AGREGADO RECICLADO NO CENÁRIO 2



	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitada)	Prod. Calor (Evitada)	Aterro Sanitário
Zn	0.72	234.19	0.36	-33.93	-11.35	-559.89	0.16
Zn	0.38	24.77	0.16	-6.18	-39.12	-84.34	0.029
Cr	0.16	0.65	0.1	-1.32	-117.56	-1.5	0.006
Al	4.22	30.71	1.47	-62.31	-7.96	-894.76	0.29
Al	0.54	7.42	1.64	-11.14	-159.74	-1.68	0.05

FONTE: O autor (2019)

5.3.3 Ocupação do Solo

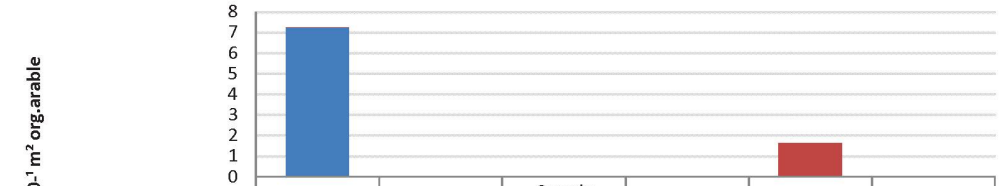
No Cenário 1 (AgrNat), a extração do calcário (FIGURA 21) age de forma mais significativa sobre a categoria de Impacto “Ocupação do Solo” (77% do total da categoria), confirmando o encontrado por Suárez et al. (2016) em seu estudo.

Para o Cenário 2 (RCDr), o aporte mais significativo para este impacto (FIGURA 22) se resume na geração de calor utilizando lascas de madeira como combustível (45% do total da categoria), uma vez que ela diminui a necessidade de terras ocupadas por florestas. Isto é corroborado pelo estudo apresentado por PINI et al. (2014), onde a ocupação do solo por floresta representou 57,64% do total da categoria. Além disso, a disposição de material Inerte em Aterro evitada contribui para que não seja necessário o uso de área de aterro para dispor o material inerte e muito menos o transporte deles.

Sobre o ponto de vista do Transporte de Distribuição, este afeta em menor proporção a categoria em ambos os cenários. No caso do Cenário 1

(AgrNat), os impactos são induzidos e correspondem a 22% do total da categoria. Já para o Cenário 2 (RCDr), o impacto evitado em relação à ocupação da rede de tráfego corresponde a 23% da categoria. Pini et al. (2014) também relataram que a ocupação da área de tráfego representava apenas 11,23% do Impacto “Ocupação do Solo”.

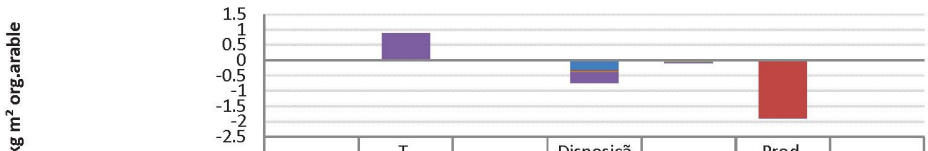
FIGURA 21 – CONTRIBUIÇÃO DA CATEGORIA DE IMPACTO "OCUPAÇÃO DO SOLO" PARA A PRODUÇÃO DO AGREGADO NATURAL NO CENÁRIO 1



	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento Mineral	T. Distribuição	Britagem
Ocupação - Rede Rodoviária	0.0073	0.0006	0.006	0.0005	1.63	0.003
Ocupação - Área extração	7.25	0.0001	0.002	0.0002	0.016	0.0024

FONTE: O autor (2019)

FIGURA 22 – CONTRIBUIÇÃO DA CATEGORIA DE IMPACTO "OCUPAÇÃO DO SOLO" PARA A PRODUÇÃO DO AGREGADO RECICLADO NO CENÁRIO 2



	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitada)	Prod. Calor (Evitada)	Aterro Sanitário
Ocupação - Rede Rodoviária	0.0004	0.86	0.00017	-0.347	-0.014	-0.0041	0.0016
Ocupação - Área Industrial	0.00051	0.0044	0.00024	-0.016	-0.014	-0.0017	0.00007
Ocupação - Floresta	0.00019	0.0047	0.0008	-0.042	-0.018	-1.88	0.0002
Ocupação - Aterro	0.00019	0.0034	0.00024	-0.336	-0.04	-0.0007	0.0016

FONTE: O autor (2019)

5.4 Aquecimento Global

Os contribuintes de categoria “Aquecimento Global” são descritos por Gases de Efeito Estufa (GEE), sendo que os mais relevantes são o CO_2, o CH_4 e o N_2O (ALLEN et al., 2016; MAUCIERI et al., 2017) (FIGURA 23).

As emissões desses gases podem ser associadas principalmente a queima de combustível fóssil. No entanto, devemos levar em conta também o desmatamento devido ao uso e ocupação do solo relacionado à mineração e a construção de rodovias (ALLEN et al., 2016) e a geração de energia elétrica (KITTIPONGVISES, 2017; GIUDICE et al., 2017).

Os principais efeitos do Aquecimento Global podem ser sentidos na mudança atual do clima, com a detecção de aumentos da temperatura média global do ar e dos oceanos, no derretimento generalizado da neve e do gelo e na elevação do nível do mar. Estes efeitos por sua vez podem causar diminuição de biodiversidade e declínio populacional de espécies de flora e fauna, desestruturando os ecossistemas em grande escala (SHUKLA et al., 2017;IORDAN et al., 2018; ONTORIA et al., 2019).

Assim, em relação ao Cenário 1 (AgrNat), o Transporte de distribuição dos agregados naturais (FIGURA 23) é a atividade que mais se destaca nas emissões atmosféricas de CO_2 e, consequentemente, a que mais contribui com o fenômeno de "Aquecimento Global" (72%), assim como indicado por Cabeza et al. (2014), os quais citaram o Transporte como a atividade relevante para este impacto ambiental.

Isso se torna evidente ao comparar quantitativamente as emissões referentes à produção do agregado e o seu transporte. O transporte dos agregados naturais emite 4,9 kg CO_2eq por tonelada de material transportado, enquanto a produção do agregado natural (incluindo os processos de extração do calcário, o transporte fabril dos agregados, distribuição deles por correia transportadora e o beneficiamento e britagem do mineral) emite aproximadamente 1,61 kgCO_2eq por tonelada produzida. Em menor proporção, podemos citar também a participação de emissões de Óxido Nitroso (N_2O) relacionado à presença de nitratos no explosivo usado no processo de Extração de Calcário (KITTIPONGVISES, 2017).

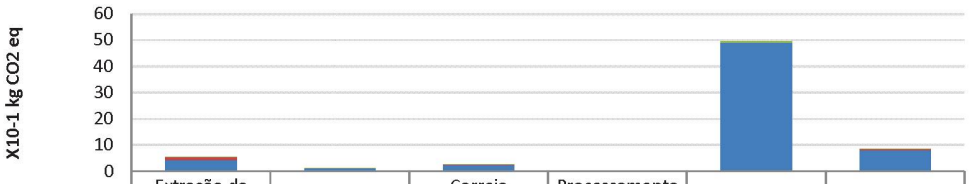
Para o Cenário 2 (RCDr), os valores negativos (evitados) apresentados nesta categoria de impacto são mais expressivos (FIGURA 24), uma vez que o uso de energia e de combustível fóssil nas atividades evitadas: Produção de aço, Disposição de Inerte em Aterro e, em menor proporção, Produção de Calor são extintos. Por meio delas é possível evitar a emissão de 6,29

$kgCO_2eq$, 4,87 $kgCO_2eq$ e 0,57 $kgCO_2eq$, respectivamente, favorecendo a categoria.

Os resultados encontrados para a disposição de inerte em aterro evitado são corroborados pelo estudo de Giudice et al. (2017), o qual indica que a minimização de emissões de CO_2 está relacionada a não ocorrência da queima do gás emitido no aterro.

No entanto, o consumo de eletricidade para o processo de britagem do agregado apresenta valores positivos (embora os valores sejam pequenos) quanto à emissão de CO_2, assim como mencionado por Giudice et al. (2017) e apresentado por Kittipongvises (2017) e Rosado et al. (2017) (TABELA 9).

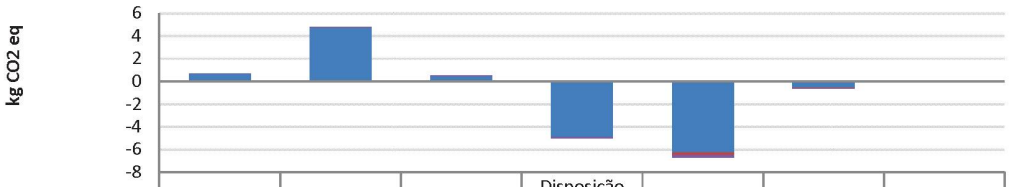
FIGURA 23 – CONTRIBUIÇÃO DA CATEGORIA DE IMPACTO "AQUECIMENTO GLOBAL" PARA A PRODUÇÃO DO AGREGADO NATURAL NO CENÁRIO 1



	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento Mineral	T. Distribuição	Britagem
CH4 - Fóssil	0.104	0.0073	0.0793	0.007	0.43	0.09
N2O	1.11	0.0058	0.0085	0.0009	0.09	0.42
CO2 - Fóssil	4.23	1.07	2.51	0.203	49.00	8.11

FONTE: O autor (2019)

FIGURA 24 – CONTRIBUIÇÃO DA CATEGORIA DE IMPACTO "AQUECIMENTO GLOBAL" PARA A PRODUÇÃO DO AGREGADO RECICLADO NO CENÁRIO 2



	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitada)	Prod. Calor (Evitada)	Aterro Sanitário
CH4 -Fóssil	0.005	0.043	0.006	-0.09	-0.27	-0.009	0.0004
CH4 - Biogênico	0.00002	0.0002	0.013	-0.0004	-0.00045	-0.002	0.000002
CO - Fóssil	0.004	0.02	0.0003	-0.047	-0.17	-0.008	0.00022
CO2 -Fóssi	0.7	4.72	0.47	-4.87	-6.29	-0.57	0.023

FONTE: O autor (2019)

TABELA 9 – EMISSÕES DE CO_2 RELACIONADO AO PROCESSO DE BRITAGEM DO AGREGADO RECICLADO EM DIFERENTES ESTUDOS

CATEGORIA DE IMPACTO	POLUENTES	$kgCO_2eq$	KITTIPONGVISES (2017)	ROSADO ET AL. (2017)
Aquecimento Global	CO_2 fóssil	$4,66x10^{-1}$	1,4	$2,04x10^{-5}$

FONTE: O autor (2019)

5.4.1 Energia Não-Renovável

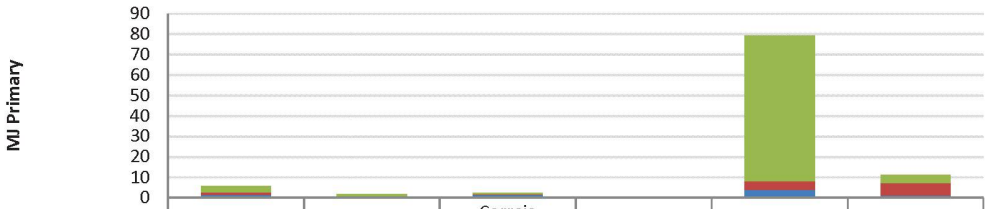
As fontes não renováveis de energia são aquelas que se utilizam de recursos naturais esgotáveis, seja a curto, médio ou longo prazo. Entre estas fontes destacam-se os combustíveis fósseis, como petróleo, carvão mineral e gás natural. Além de consumo de materiais que não irão se renovar, a queima destes combustíveis gera também poluição do ar, prejudicando tanto o meio ambiente como a saúde humana (AMRI, 2019; NATHANIEL e IHEONU, 2019; VURAL, 2020).

Para a categoria de impactos "Energia Não Renovável", o transporte de distribuição dos agregados naturais corresponde a aproximadamente 76% do total desta categoria, sendo que Kittipongivises (2017) e Evangelista et al. (2018) relataram 68% e 72%, respectivamente, e que foi atribuído ao consumo de combustível diesel nas operações de transporte (FIGURA 25)

Segundo Evangelista et al. (2018), as contribuições positivas para a categoria "Energia Não-Renovável" (FIGURA 26) na produção do Agregado Reciclado se referem ao uso de combustíveis fósseis, como o diesel em veículos de transporte (fabril e distribuição). Porém, por outro lado, a reciclagem do aço evitaria o consumo de carvão, e a reutilização do RCDrA (material inerte) evitaria o consumo de diesel para o transporte e no aterro.

É importante salientar que apesar da matriz energética brasileira ser em grande parte fornecida por hidrelétricas, o uso de combustíveis fósseis ainda é relevante na sociedade, seja para a utilização em veículos, como também em máquinas de beneficiamento (ROSADO et al., 2017).

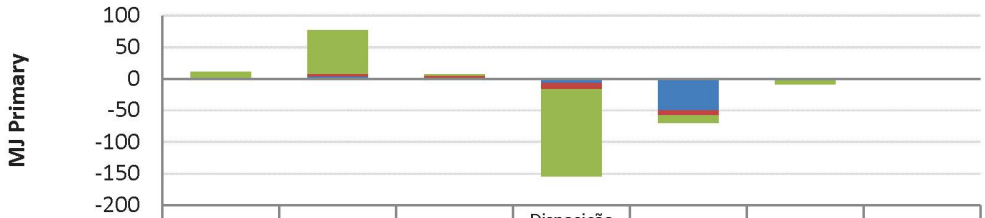
FIGURA 25 – CONTRIBUIÇÃO DA CATEGORIA DE IMPACTO "ENERGIA NÃO RENOVÁVEL" PARA A PRODUÇÃO DO AGREGADO NATURAL NO CENÁRIO 1



	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento Mineral	T. Distribuição	Britagem
Petróleo, bruto	3.04	1.54	0.62	0.04	71.1	3.98
Gás Natural/ m³	1.45	0.08	0.61	0.05	4.3	6.24
Carvão, bruto	1.28	0.05	1.29	0.11	3.95	1.09

FONTE: O autor (2019)

FIGURA 26 – CONTRIBUIÇÃO DA CATEGORIA DE IMPACTO "ENERGIA NÃO RENOVÁVEL" PARA A PRODUÇÃO DO AGREGADO RECICLADO NO CENÁRIO 2



	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitada)	Prod. Calor (Evitada)	Aterro Sanitário
Petróleo, Bruto	10.14	69.03	2.29	-137.12	-11.41	-7.15	0.64
Gás natural/m³	0.54	4.15	3.59	-9.79	-8.03	-0.85	0.05
Carvão, Bruto	0.35	4.06	0.63	-6.99	-50.45	-0.91	0.03

FONTE: O autor (2019)

5.5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

5.5.1 Efeito da Distância de Transporte de RCD para Reciclagem e Aplicação

No contexto supracitado, a reciclagem RCD de classe A, mesmo que contaminado com resíduos metálicos e madeiras, deve ser reciclado para evitar expressivamente a “Acidificação Terrestre”, o “Aquecimento Global” e os “Efeitos Respiratórios Inorgânicos”. Outras importantes minimizações foram

observadas conforme supracitado, menos para “Eutrofização” e “Acidificação Aquática” (TABELA 10). No entanto, caso haja necessidade de trazer o resíduo de distâncias superiores, pode haver situações não tão favoráveis, o que foi simulado a seguir.

Para a primeira análise de sensibilidade, os resultados (FIGURA 27 a 30) revelaram que o sistema estudado é pouco afetado para as cinco categorias de impactos mais importantes quantitativamente para pequenas distâncias de transporte (10, 20,30 km). Este resultado corrobora a hipótese de outros autores, os quais recomendam que a distância não deva ser maior que 30 km para que a reciclagem do RCD seja vantajosa (GALVÉZ-MARTHOS, 2018; PENTEADO e ROSADO, 2016; SUÁREZ et al., 2016 BLENGINI e GARBARINO, 2010). A partir de 50 km, os efeitos deletérios começam a ser mais significativos para o meio ambiente.

TABELA 10 – MINIMIZAÇÃO DE IMPACTO DEVIDO A RECICLAGEM DE RCDr TIPO A PARA USO COMO BASE E SUB-BASE DE PAVIMENTO URBANO PARA TRANSPORTE

	CATEGORIA DE IMPACTO	DANO	%
1	Acidificação Terrestre	Qualid. Ecos.	683
2	Aquecimento Global	Qualid. Ecos.	182
3	Efeitos Respiratórios Inorgânicos	Saúde Hum.	168
4	Efeitos Respiratórios Orgânicos	Saúde Hum.	161
5	Ecotoxicologia Aquática	Qualid. Ecos.	146
6	Ecotoxicologia Terrestre	Qualid. Ecos.	126
7	Radiação Iônica	Saúde Hum.	124
8	Depleção da Camada de Ozônio	Saúde Hum.	88
9	Energia Não Renovável	Recursos	75
10	Ocupação do Solo	.	23
11	Toxicidade Humana Carcinogênica	Saúde Hum.	22
12	Toxicidade Humana Não Carcinogênica	Saúde Hum.	17
13	Extração Mineral	Recursos	6
14	Eutrofização Aquática	Qualid. Ecos.	0
15	Acidificação Aquática	Qualid. Ecos.	0

FONTE: O autor (2019)

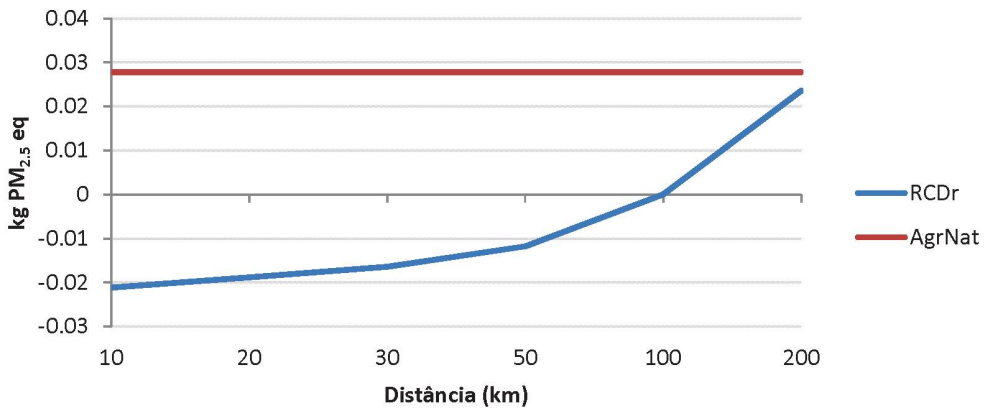
No entanto, este estudo demonstra que a reciclagem pode ser vantajosa mesmo quando envolve distâncias maiores no âmbito do caso de estudo examinado. Para as categorias “Efeitos Respiratórios Inorgânicos” (FIGURA 27) e “Ecotoxicologia Terrestre” (FIGURA 28), os impactos evitados são superados quando a distância de recebimento e distribuição é aproximadamente de 3,3 e 6 vezes maior que distância do cenário base (30

km), respectivamente. Já no caso das categorias “Aquecimento Global” (FIGURA 29) e “Energia Não-Renovável”, esta relação se mostrou mais sensível, uma vez que os impactos passam a ser deletérios (positivos) a partir de 65 km para a primeira categoria e 85 km para a segunda.

Este resultado corrobora os resultados apresentados por Rosado et al. (2017), no qual as categorias ”Aquecimento Global” e “Energia Não Renovável” foram consideradas mais sensíveis à variação de distância, ou seja, as máximas distâncias de transporte devem ser 40 km e 30 km, respectivamente.

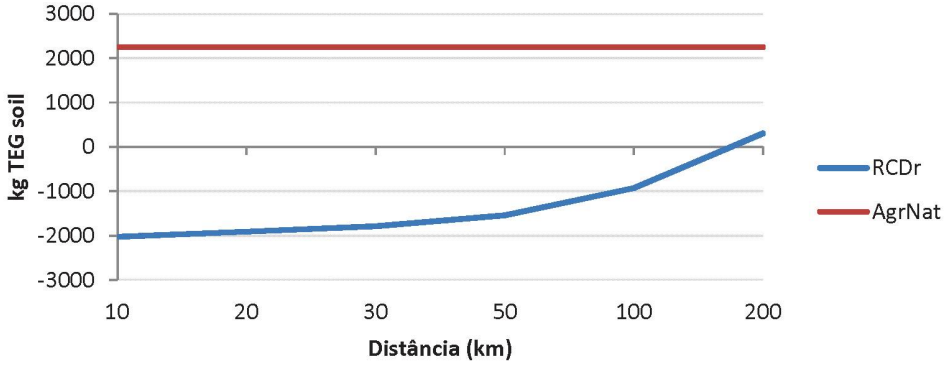
No entanto, para que os impactos relacionados ao transporte de distribuição dos Agregados Reciclados ultrapassem os gerados pelo transporte distribuição dos Agregados Naturais, a distância deve ser aumentada aproximadamente 4,2 (125 km), 4,3 (130 km), 6,8 (205 km), e 8,3 vezes (250 km), para “Energia Não-Renovável”, “Aquecimento Global”, “Efeitos Respiratórios Inorgânicos” e “Ecotoxicologia Terrestre” respectivamente, corroborando com o que foi constando por Ortiz et al. (2010). Estes autores afirmaram que a reciclagem de RCDr se apresenta mais benéfica ao meio ambiente em relação a produção do agregado natural mesmo quando são envolvidas grandes distâncias (>100 km).

FIGURA 27 – RELAÇÃO ENTRE CATEGORIA DE IMPACTOS “EFEITOS RESPIRATÓRIOS INORGÂNICOS” E DISTÂNCIA DE TRANSPORTE DOS AGREGADOS NATURAIS E RECICLADOS



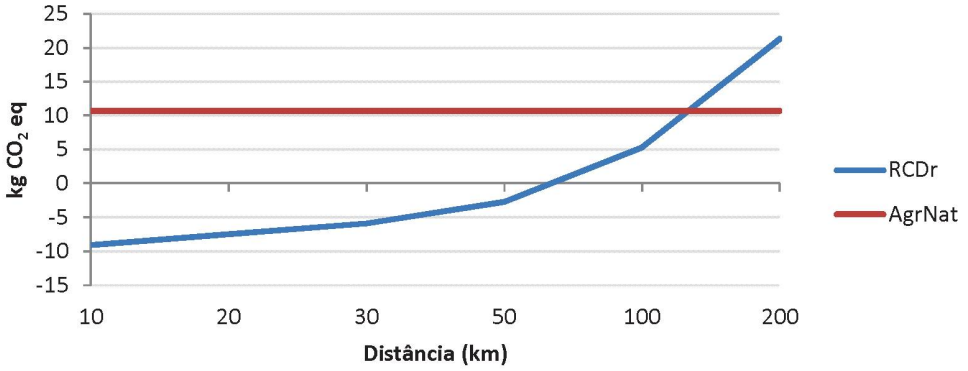
FONTE: O autor (2019)

FIGURA 28 – RELAÇÃO ENTRE CATEGORIA DE IMPACTOS "ECOTOXICOLOGIA TERRESTRE" E DISTÂNCIA DE TRANSPORTE DOS AGREGADOS NATURAIS E RECICLADOS



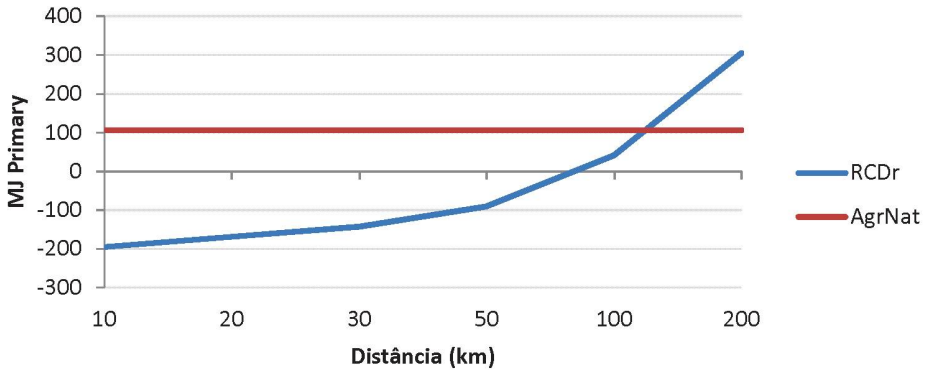
FONTE: O autor (2019)

FIGURA 29 – RELAÇÃO ENTRE CATEGORIA DE IMPACTOS "AQUECIMENTO GLOBAL" E DISTÂNCIA DE TRANSPORTE DOS AGREGADOS NATURAIS E RECICLADOS



FONTE: O autor (2019)

FIGURA 30 – RELAÇÃO ENTRE CATEGORIA DE IMPACTOS "ENERGIA NÃO RENOVÁVEL" E DISTÂNCIA DE TRANSPORTE DOS AGREGADOS NATURAIS E RECICLADOS



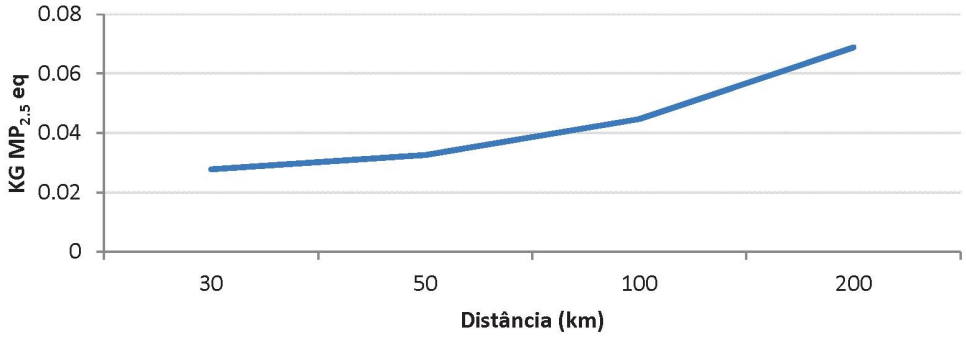
FONTE: O autor (2019)

5.5.2 Efeito Da Distância De Transporte De Agregado Para Aplicação

No caso da segunda análise (verificação da influência do transporte no ciclo de vida dos agregados naturais), os resultados comprovam deletério exacerbado esperado. Todas as categorias de impactos analisadas (TABELA 11) são afetadas de forma expressiva pelo aumento do distancia de transporte. (FIGURA 31 a 35).

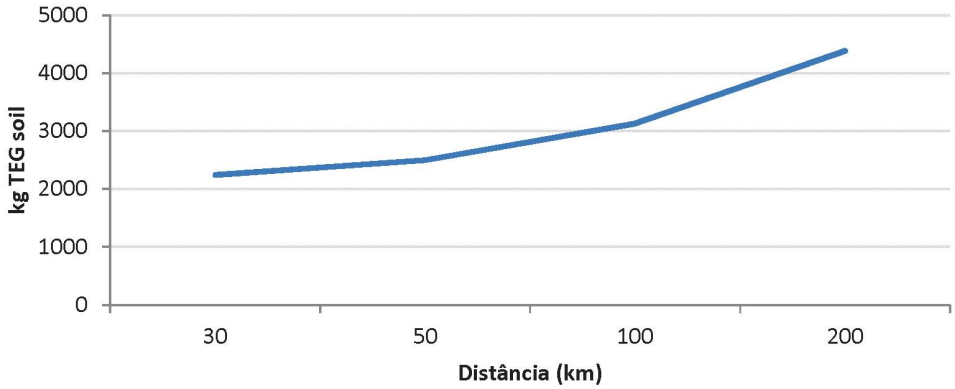
O aumento da distancia entre o local de extração do agregado natural e do consumidor final em até 200 km, resultou em um acréscimo de 0,0411 kg$PM_{2,5}$eq, 2.140 kg TEG Soil, 1,75 m²org.arable, 28,1 kgCO_2eq e 461 MJ Primary nas categorias de "Efeitos Respiratórios Inorgânicos", "Ecotoxicologia Terrestre", "Ocupação do Solo", "Aquecimento Global" e "Energia Não Renovável", respectivamente.

FIGURA 31 – RELAÇÃO ENTRE CATEGORIA DE IMPACTOS "EFEITOS RESPIRATÓRIOS INORGÂNICOS" E DISTÂNCIA DE TRANSPORTE DOS AGREGADOS NATURAIS



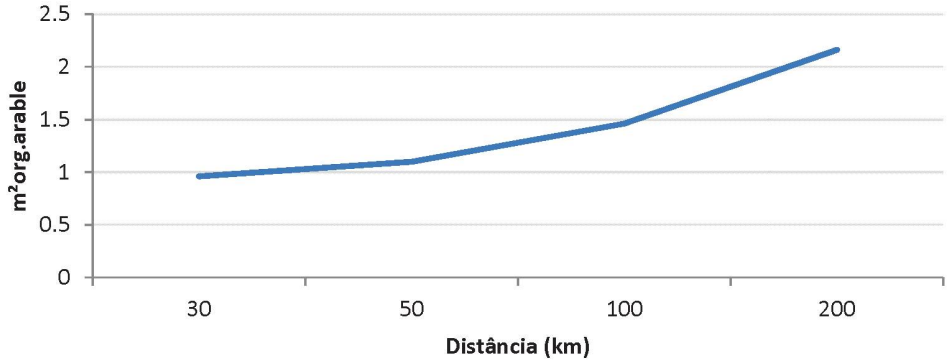
FONTE: O autor (2019)

FIGURA 32 – RELAÇÃO ENTRE CATEGORIA DE IMPACTOS "ECOTOXICOLOGIA TERRESTRE" E DISTÂNCIA DE TRANSPORTE DOS AGREGADOS NATURAIS



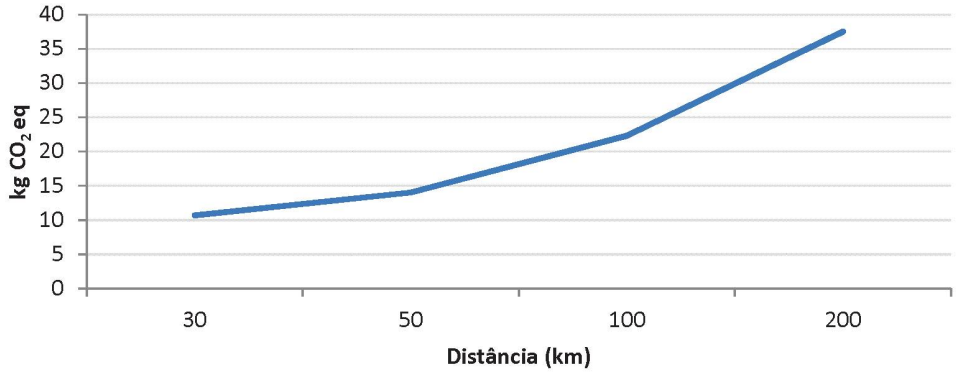
FONTE: O autor (2019)

FIGURA 33 – RELAÇÃO ENTRE CATEGORIA DE IMPACTOS “OCUPAÇÃO DO SOLO” E DISTÂNCIA DE TRANSPORTE DOS AGREGADOS NATURAIS



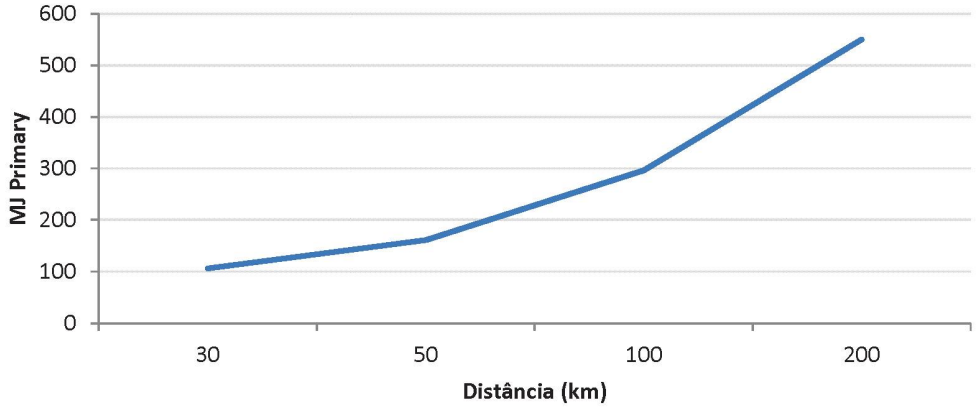
FONTE: O autor (2019)

FIGURA 34 – RELAÇÃO ENTRE CATEGORIA DE IMPACTOS “AQUECIMENTO GLOBAL” E DISTÂNCIA DE TRANSPORTE DOS AGREGADOS NATURAIS



FONTE: O autor (2019)

FIGURA 35 – RELAÇÃO ENTRE CATEGORIA DE IMPACTOS “ENERGIA NÃO RENOVÁVEL” E DISTÂNCIA DE TRANSPORTE DOS AGREGADOS NATURAIS



FONTE: O autor (2019)

TABELA 11 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA O CENÁRIO DO AGREGADO NATURAL

CATEGORIA DE IMPACTOS	30 km	50 km	100 km	200 km
Efeitos Respiratórios Inorgânicos ($kgPM_{2,5}eq$)	$2,78x10^{-2}$	$3,26x10^{-2}$	$4,47x10^{-2}$	$6,89x10^{-2}$
Ecotoxicologia Terrestre (kg TEG Soil)	$2,24x10^{+3}$	$2,50x10^{+3}$	$3,13x10^{+3}$	$4,38x10^{+3}$
Ocupação do Solo (m^2org.arable)	$9,61x10^{-1}$	$1,10x10^{0}$	$1,46x10^{0}$	$2,17x10^{0}$
Aquecimento Global ($kgCO_2eq$)	$1,07x10^{+1}$	$1,40x10^{+1}$	$2,23x10^{+1}$	$3,88x10^{+1}$
Energia Não Renovável (MJ Primary)	$1,06x10^{+2}$	$1,61x10+^{2}$	$2,96x10^{+2}$	$5,67x10^{+2}$

FONTE: O autor (2019)

A Análise de Sensibilidade corrobora com os resultados apresentados pelo estudo de Blengini e Garbarino (2010), os quais confirmaram o papel essencial do transporte, enfatizando que distâncias excessivas ou sistemas inadequados de coleta e distribuição podem afetar o desempenho ambiental geral dos sistemas de produção.

Dessa forma, quantificar até que ponto a distância de transporte dos agregados reciclados pode aumentar antes que os benefícios sejam superados pelos impactos ambientais, torna-se extremamente essencial para o planejamento do local de instalação de uma usina de reciclagem (BORGHI et al., 2015) e a logística de destinação dos materiais. Por exemplo, do ponto de vista ambiental, alguns municípios pertencentes a outros estados (que estão dentro do raio de 200 km a partir da Usina HB Ambiental) devem preferivelmente destinar seu RCDr para reciclagem na Região Metropolitana de Curitiba ao invés de fazer isso dentro do próprio estado. O mesmo pode ser realizado para estados do Paraná que possuem maior proximidade com usinas instaladas em outros estados. Isto comprova que o gerenciamento ambiental correto não pode ter barreiras políticas, sendo que deve ser estimulado e suportado com instrumentos legais.

Além disso, uma boa alternativa para reduzir os impactos associados ao transporte é o uso de unidades móveis de reciclagem. No entanto, estas representam a minoria das usinas de reciclagem no Brasil (26%) (ABRECON, 2015), sendo que o RCDr é processado diretamente na fonte sem necessidade

de transporte com a adoção desta prática. Ressalva-se que nem sempre o produto reciclado gerado pode ser útil para uso no local.

Adicionalmente, quando a distância for compatível (distâncias entre fonte de RCD e jazida mineral menor que fonte de RCD e usina de reciclagem) é possível à utilização dos locais de extração mineral como usinas de reciclagem, uma vez que ambas possuem equipamentos semelhantes. (CARDOSO et al., 2016).

5.6 COMPARAÇÃO ENTRE OS DOIS CENÁRIOS DE USO DE AGREGADOS

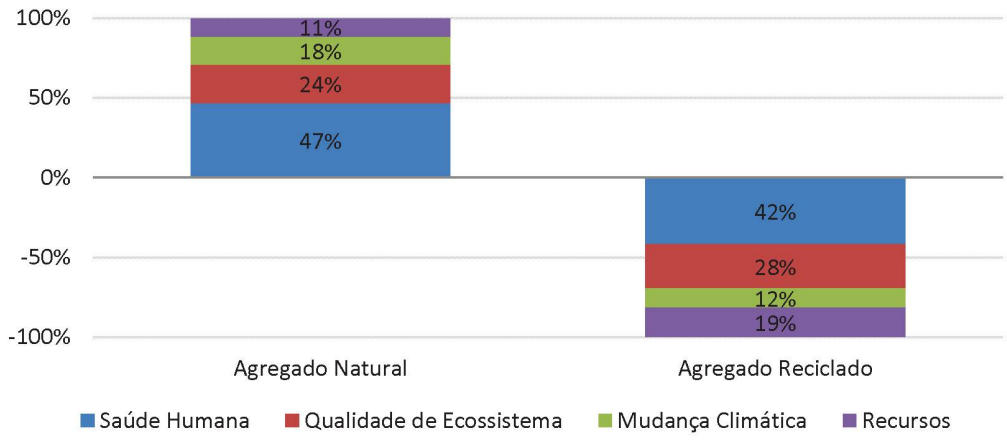
Comparando os cenários base, foi possível avaliar a influência dos processos de produção sobre as categorias de danos (endpoint) (Saúde Humana, Qualidade do Ecossistema, Mudanças Climáticas e Recursos) (FIGURA 36).

O efeito da produção dos agregados reciclados sobre a obtenção de agregado natural se mostrou claramente mais vantajoso. Isto corrobora os relatos de outros autores (PINI et al., 2014; EVANGELISTA et al., 2018; ROSADO et al., 2017). Os agregados reciclados apresentaram valores negativos (evitado) em todas as categorias de danos. Os benefícios (danos evitados; número negativo) são significativos principalmente nas categorias de danos de Saúde Humana (-42%) e Qualidade do Ecossistema (-28%). Enquanto que para a produção dos Agregados Naturais, estas mesmas categorias representam os danos mais relevantes para o sistema, 47% para a Saúde Humana e 24% para a Qualidade do Ecossistema.

De forma mais específica, a produção dos agregados reciclados apresentou-se vantajosa nas cinco categorias de impactos. Esses resultados são decorrentes de evitar a deposição de inertes (RCDrA) em aterro sanitário, a produção de aço e da geração de calor com o uso de lascas de madeira como combustível. Butera et al. (2017) enfatizaram que, como estes processos não ocorrem, é possível evitar tanto a emissão de poluentes como também o consumo de matérias-primas, contribuindo significativamente com a manutenção da qualidade do meio ambiente.

A TABELA 12 apresenta os resultados totais de acordo com as cinco Categorias de Impactos avaliadas com maior representação quantitativa (maior que 96,74% do total para Agregados Naturais e maior que 90,93% do total para Agregados Reciclados). Entre outros indicadores, os impactos líquidos evitados na produção de RCDrA correspondem aproximadamente a 5,87 kg/t de emissões evitadas de dióxido de carbono e uma economia de 142 MJ/t de energia não renovável, semelhante ao encontrado por Blengini e Garbarino (2010) em seu estudo (14 kg/t de emissão de CO2 evitada e 250 MJ/t de consumo de energia não renovável evitado).

FIGURA 36 – PORCENTAGEM DAS CATEGORIAS DE AVALIAÇÃO DE DANOS PARA A PRODUÇÃO DO AGREGADO RECICLADO E DO AGREGADO NATURAL



FONTE: O autor (2019)

TABELA 12 – RESULTADOS TOTAIS POR CATEGORIAS DE IMPACTOS PARA O CENÁRIO 1 (AgrNat) E O CENÁRIO 2 (RCDr)

CATEGORIAS DE IMPACTOS	UNIDADE	AgrNat	RCDr
Efeitos Respiratórios Inorgânicos	$kgPM_{2,5}eq$	0,027	-0,02
Ecotoxicologia Terrestre	kg TEG Soil	2.244	-1.783
Ocupação do Solo	m²org.arable	0,96	-4,17
Aquecimento Global	$kgCO_2eq$	10,70	-5,87
Energia Não-Renovável	MJ Primary	106	-142

FONTE: O autor (2019)

5.6.1 Projeção Do Potencial Impacto Do Gerenciamento Ambiental Sustentável

Em termos nacionais, admitindo que o volume total de RCDr de 67 Mm³ é encaminhado para aterro (ABRECON, 2015), a reciclagem de RCD classe A evitaria a emissão de aproximadamente 411 kgCO2 eq e o consumo de 6,33 GJ.

No caso de Curitiba, assumindo que a população de Curitiba seja de 1.917.185 habitantes (IBGE, 2018) e a geração de RCD per capita é de 500 kg/ano (ABRECON, 2015), o processamento total anual de RCD em RCDrA seria de 958.593 toneladas, o que economizaria 1,36x108 MJ/ano e 5,63x106 kgCO_2 eq/ano. Essa emissão de CO_2 evitada corresponde, por exemplo, ao valor emitido desse poluente por 4.000 carros durante um ano (assumindo um carro leve à gasolina rodando 10.000 km/ano).

De acordo com a capacidade nominal de processamento da Usina de Reciclagem HB Ambiental (50t/h ou 100.800 t/ano) seriam necessárias 10 usinas com as mesmas características que esta (capacidade nominal de processamento e horas diárias de trabalho) para que o total de RCD produzido em Curitiba fosse processado.

TABELA 13 – ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RCDr, RCDrA E NÚMERO DE USINAS NECESSÁRIAS PARA PROCESSAMENTO DO MATERIAL DE ACORDO COM O LOCAL E NÚMERO DE HABITANTES

LOCAL	HABITANTES	RCDr GERADO	RCDrA GERADO*	Nº DE USINAS
Curitiba	1.917.185	958.593	929.935	10
RMC	3.615.027	1.807.513	1.753.288	18

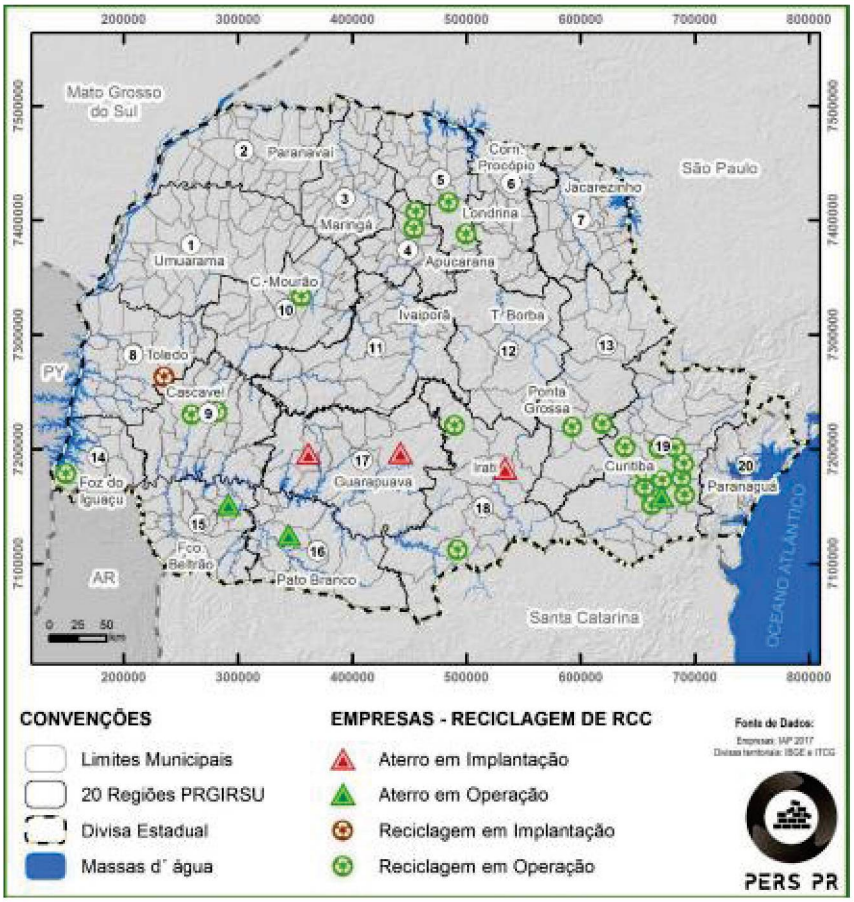
FONTE: O autor (2019)
NOTA : * A geração de RCDrA foi estimada considerando 97% do total de RCDr

Por sua vez, a Região Metropolitana de Curitiba que apresenta 29 municípios, conta com apenas 10 empresas responsáveis pela reciclagem de RCD. Elas estão distribuídas nos municípios de Pinhas (1), Araucária (3), Curitiba (2), Campo Largo (1), São José dos Pinhais (2) e Almirante

Tamandaré (1) (SEMA, 2018), sendo que os municípios localizados no norte e sul da RMC apresentam deficiência em usinas de reciclagem (FIGURA 37).

As usinas existentes atualmente na região são capazes de processar apenas os resíduos produzidos em Curitiba. Visto que a RCM conta com uma população aproximada de 3.615.027 habitantes, sua geração de RCDrA estimada é de 1.753.288 t/ano e sendo necessária a instalação de mais 8 usinas de reciclagem para que todo o RCD da região fosse processado. Os locais preferenciais para a instalação destas novas usinas seriam os municípios no norte e sul da RMC, conforme identificado anteriormente. Além do mais, estes resultados indicam que atualmente o estado do Paraná não possui capacidade de processamento de todo o RCD estimado, demonstrando a urgência em políticas públicas que incentivem o desenvolvimento deste setor, visto o potencial da atividade (TABELA 13).

FIGURA 37 – LOCALIZAÇÃO DE EMPRESAS RECICLADORAS DE RCD NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA



FONTE: SEMA (2018)

6 CONCLUSÃO

O presente estudo, que teve como objetivo a avaliação dos impactos ambientais ligados à dois cenários: produção do Agregado Reciclado (RCDrA) e produção Agregado Natural (AgrNat) para utilização como material de base e sub-base de pavimentos urbanos, permitiu a confirmação da hipótese que a substituição do AgrNat pelo RCDrA é a prática mais sustentável devido a diminuição dos impactos ambientais. Mais que ser importante para a sustentabilidade ambiental, essa substituição é essencial para uma gestão de resíduos adequada no âmbito municipal e intermunicipal, além de um importante aspecto para prevenção da saúde humana.

Os dois cenários admitidos são similares em termos de fragmentação por moinhos e segregação por peneiras, sendo que o transporte (seja ele de produção de RCDrA ou de distribuição deste ou de AgrNat) é a etapa geradora de impactos deletérios mais relevantes em termos quantitativos. Ainda, o processo de reciclagem de RCDrA deixa de ser prioritário se a distância de transporte ultrapassar 250 km. Isso demonstra que distâncias excessivas ou uso de sistemas de entrega ineficientes podem comprometer o desempenho ambiental global da produção.

Os resultados obtidos por meio do uso da ACV mostraram que esta técnica é eficaz para avaliar quali-quantitativamente a reciclagem de recursos para a indústria da construção civil. Ela também é capaz de apoiar o fundamento de que este processo é ambientalmente sustentável em comparação com a extração de pedreiras e que os agregados reciclados podem desempenhar um papel positivo de oferta sustentável para a indústria de construção de pavimentos.

O uso do RCDrA como matéria- prima secundária para compor pavimentos urbanos minimiza danos à qualidade do ecossistema e principalmente, para a saúde humana. Assim, investimentos para implantação de usinas de reciclagem de RCD tipo A em região estratégica é justificável para reduzir custos de transporte e também atrair mais usuários, tendo em vista as estimativas de geração de RCD em uma cidade, bem como a capacidade de processamento das usinas de reciclagem já instaladas no país.

Sendo assim, apesar da diminuição dos impactos ambientas pela substituição dos agregados, para que os resultados em economia de recursos naturais bem como prevenção a emissão de poluentes seja máximo, deve-se ter como filosofia primordial a não geração do RCD, e só depois que esta não for possível, priorizar a separação e reciclagem do RCD. A reciclagem quando necessária deve ser realizada na própria obra ou com menor distância possível entre a fonte geradora-recicladora-consumidora, de forma a maximizar as vantagens desta prática que deve ser executada com a eliminação de barreiras estaduais.

REFERÊNCIAS

AGRELA, F.; BARBUDO, A.; RAMÍREZ, A.; AYUSO, J.; CARVAJAL, M. D.; JIMÉNEZ, J. R. Construction of road sections using mixed recycled aggregates treated with cement in Malaga, Spain. **Resource, Conservation and Recycling**. v.58, p. 98-106. 2012.

ALLEN, M.R.; FUGLESTVEDT, J.S.; SHINE, K.P.; REISINGER, A.; PIERREHUMBERT, R.T.; FORSTER, P.M. New use of global warming potentials to compare cumulative and short-lived climate pollutants. **Natural Climate Change**. v.6. 2016

ALMEIDA, D. R. **Mobilidade Ciclável: Uma Avaliação do ciclo de vida**. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2014.

ALMEIRA, A. M.; RIOS, E. C. dos S. V.; OLIVEIRA, P. G. Saúde Humana e a Poluição do Ar. **Conhecimento em Destaque**, Espirito Santo, v. 5, n. 10, p. 1-19, 2015.

AMRI, F. Renewable and non-renewable categories of energy consumption and trade: Do the development degree and the industrialization degree matter?. **Energy**. v.173, p. 374-383. 2019.

ÂNGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. 236f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). **Relatório Pesquisa Setorial 2014/2015**. São Paulo, 2015 Disponível em: <https://issuu.com/amandadiaspais/docs/relatorio-esq2015_abrecon-read>. Acesso em: 05 jun. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2017**. São Paulo, 2018 Relatório Técnico.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.004:** Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.116:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em Pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14044**: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2014a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14044**: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Exemplos ilustrativos de como aplicar a ABNT NBR ISSO 14044 à definição de objetivo e escopo e À análise de inventário. Rio de Janeiro, 2014b.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BARTOLOZZI, I.; BALDERESCHI, E.; DADDI, T.; IRALDO, F. The application of life cycle assessment (LCA) in municipal solid waste management: A comparative study on street sweeping services. **Journal of Cleaner Production**. v.182, p.455-465. 2018.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L.M.G.; CERATTI, J.A.P.; SOARES, J.B. **Pavimentação Asfáltica**: Formação Básica para Engenheiros. 3. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 2010

BORTOLUCCI, A. B.; WUINALLIA, G.; ANDRADE, J. M. O. A estreita relação entre o meio ambiente e a saúde. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades,** v. 5, n.31, p. 39-53, 2017.

BIZCOCHO. N.; LLATAS, C. Inclusion of prevention scenarios in LCA of Construction waste management. **The International Journal of Life Cycle Assessment.** v.24, p.468-484. 2018.

BLENGINI, G. A.; GARBARINO, E. Resources and waste management in Turin (Italy): the role of recycled aggregates in the sustainable supply mix. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, p.1021–1030, 2010.

BODI, J.; BRITO FILHO, J.A.; ALMEIDA, S. Utilização de entulho de construção civil reciclado na pavimentação urbana. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 29. Cuiabá, 1995. **Anais...** Rio de Janeiro: ABPv, 1995. p. 409-43.

BONAMENTE, E.; SCRUCCA, F.; RINALDI, S.; MERICO, M. C.; ASDRUBALI, F.; LAMASTRA, L. Environmental impact of an Italian wine bottle: Carbon and water footprint assessment. **Science of the Total Environment**. v.560-651, p.274-283. 2016.

BORGES, D. S. **Estimativa do poder calorífico de espécies nativas madereiras** 227f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiába, 2018.

BORGHI, G.; PANTINI, S.; RIGAMONTI, L. Life cycle assessment of non-hazardous Construction and Demolition Waste (CDW) management in Lombardy Region (Italy). **Journal of Cleaner Production**. v.184, p.815-825. 2018.

BOVEA, M. D.; POWELL, J. C. Developments in life cycle assessment applied to evaluate the environmental performance of construction and demolition wastes. **Waste Management**, v. 50, p. 151–172, 2016.

BOXTEL, A.J.B.; PEREZ-LOPEZ, P.; BREITMAYER, E.; SLEGERS, P.M. The potential of optimized process design to advance LCA performance of algae production system. **Applied Energy**, v.154, p.1122-1127. 2015.

BRASIL. **Resolução n° 307**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Legislação Federal, Brasília, 17 julho 2002. Disponível em:< http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre. cfm?codlegi=307> Acesso em: 01 Abr. 2018.

BRASIL. **Resolução n° 403**, de 11 de novembro de 2008. Dispõe sobre a nova fase de vigência do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE para veículos pesados novos (Fase P-7) e dá outras providências. Legislação Federal, Brasília, 12 julho 2002. Disponível em:< http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=591> Acesso em: 15 abr. 2019.

BRASIL. **Resolução nº 12.305**, de 02 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Legislação Federal, Brasília, 02 de Agosto de 2010. Disponível em: < http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 26 jul.2019.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, São Paulo, v. 61, n. 358, p. 178-189,jun. 2015

BUTERA, S.; CHRISTENSEN, T. H.; ASTRUP, T. F. Life cycle assessment of construction and demolition waste management. **Waste Management**, v. 44, p.196–205. 2015

CABEZA, L.F.; RINCÓN, L.; VILARIÑO, V.; PÉREZ, G.; CASTELL, A. Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the sector: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v.26, p.394-416. 2014

CAMPOLINA, J.M.; SIGRIST, C.S.L.; MORIS, V.A. da S. Uma revisão de Literatura sobre softwares utilizados em estudos de Avaliação do Ciclo de Vida. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v.19, n.2,p.735-750. 2015

CARDOSO, R., SILVA, R.V.; BRITO, J. de; DHIR, R. Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review. **Waste Management**. v.49, p.131-145. 2016.

CHEHEBE, J.R.B. **Análise de Ciclo de Vida de Produtos: Ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Quality Mark, 1997.

CORONA, A.; AMBYE-JENSEN, M.; VEJA, G. C.; HAUSCHILD, M. Z.; BIRKVED, M. Techno-environmental assessment of the green biorefinery concept: Combining process simulation and life cycle assessment at an early design stage. **Science of the Total Environment**. v.635, p-100-111. 2018.

DAHMEN, J.; KIM, J.; PLAMONDON, C.M.O. Life cycle assessment of emergent masonry blocks. **Journal of Cleaner Production**. v.171, p.1622-1637. 2018.

DALE, B.E., KIM, S. Can the predictions of consequential life cycle assessment be tested in the real world? Comment on “Using attributional life cycle assessment to estimate climate-change mitigation”. **Journal of Industrial Ecology**. v. 18, n.3, p.466–467. 2014.

DAR, M. I.; GREEN, D. I.; KHAN, F. A. Trace metal contaminations: Transfer and fate in food chains of terrestrial invertebrates. **Food Webs.** v. 20, p.00-116. 2019.

EUROPEAN COMISSION. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook. **Office of the European Union.** ed 1. Luxembourg. 2010

ERIKSSON, O.; JONSSON, D.; HILMAN, K. Life cycle assessment of Swedish single malt whisky. **Journal of Cleaner Production**. v.112, p.229-237. 2016.

EVANGELISTA, B.L.; ROSADO, L.P.; PENTEADO, C.S.G. Life cycle assessment of concrete paving blocks using electric arc furnace slag as natural coarse aggregate substitute. **Journal of Cleaner Production**, v.178, p.176-185. 2018.

FERREIRA, H. **Aplicação da metodologia de avaliação do ciclo de vida na produção de polpa de concentrado de minério de ferro**. 126f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2014

FLORINDO T.J.; MEDEIROS, G.I.B.; RUVIARO, C.F.; COSTA, J. S. Da Avaliação do Impacto do ciclo de vida: uma discussão metodológica. v.13, n.2, p.211-219.2015

FRISCHKNECHT, R.; JUNGBLUTH, N.; ALTHAUS, H. J.; DOKA, G.; HECK, T.; HELLWEG, S.; HISCHIER, R.; NEMECEK, T.; REBITZER, G.; SPIELMANN, M.; WERNET, G; Overview and Methodology. **Ecoinvent report Nº. 1. Swiss Centre Life Cycle Inventories**, Dübendorf, 2007.

GALVÉZ-MARTHOS, J.L.; STYLES, D.; SCHOENBERGER, H.; LAHL, B. Z. Construction and demolition waste best management practice in Europe. **Resources, Conservation e Recycling**. v. 136, p.166-178. 2018.

GIUDICE, A.L.; INGRAO, C.; CLASADONTE, M.T.; TRICASE, C.;MBOHWA, C. Life cycle assessment for highlighting environmental hotspots in the Sicilian traditional ceramic sector: the case of ornamental ceramic plates. **Journal of Cleaner Production**. v.142. p.225-239. 2017.

GOOGLE. Google Earth Pro. Version 7.3. 2018. Disponível em: < https://www.google.com/intl/fr/earth/desktop/>. Acesso em: 18 out. 2018

GUINÉE, J.B., GORREE, M., HEIJUNGS, R., HUPPES, G., KLEIJN, R., DE KONING, A., VAN OERS, L. WEGENER SLEESWIJK, A., SUH, S., UDO DE HAES, H.A., DE BRUIJM, H., VAN DUIN, R., HUIJBREGTS, M.A.L. Life Cycle Assessment. An Operational Guide to the ISO Standards. Centre of Environmental Science, Leiden University, Leiden, the Netherlands. 2002

GUINÉE, J.B. Selection of Impact Categories and Classification of LCI Results to Impact Categories. **In:** HAUSCHILD, M.Z.; HUIJBREGTS, M.A. Journal of Life Cycle Impact Assessment: LCA Compendium – The Complete World of Life Cycle Assessment. Springer: Netherlands, 2015.

HASLER, K.; BRÖRING, S.; OMTA, S.W.F.; OLFS, H.W. Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types. **European Journal of Agronomy.** v.69, p.41-51. 2015.

HERRMANN, I. T.; MOLTESEN, A. Does it matter which Life Cycle Assessment (LCA) tool you choose? – a comparative assessment of SimaPro and GaBi. **Journal of Life Cycle Assessment**, v.19. p. 163-169. 2015.

INGRAO, C.; GIUDICE, A. L.; TRICASE, C.; MBOHWA, C.; RANA, R. The use of basalt aggregates in the production of concrete for the prefabrication industry: Environmental impact assessment, interpretation and improvement. **Journal of Cleaner Production**. v.75, p.195-204. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 01 ago. 2019.

IORDAN, C. M.; VERONES, F.; CHERUBINI, F. Integrating impacts on climate change and biodiversity from forest harvest in Norway. **Ecological Indicators.** v. 89, p. 411-421. 2018.

JIMÉNEZ, J. R.; AYUSO, J.; AGRELA, F.; LÓPEZ, M.; GÁLVIN, A. P. Utilization of unbound recycled aggregates from selected CDW in unpaved rural roads. **Resources, Conservation and Recycling**. v.58, p.88-97. 2012.

JIMÉNEZ, C.; BARRA, M.; JOSA, A.; VALLS, S. LCA of recycled and conventional concretes designed using the Equivalent Mortar Volume and classic methods. **Construction and Building Materials**. v.84, p.245-252. 2015.

JOLLIET, O.; MARGNI, M.; CHARLES, R.; HUMBERT, S.; PAYET, J.; REBTWER, G.; ROSENBAUM, R. IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. **International Journal of Life Cycle Assessment.** v.8, n. 6. p.324-330. 2003.

KARMPERIS, A. C.; ARAVOSSIS, K.; TATSIOPOULOS, I. P.; SOTIRCHOS, A. Decision support models for solid waste management: Review and game-theoretic approaches. **Waste management**, v. 33, n. 5, p. 1290–1301, 2013.

KITTIPONGVISES, S.; Assessment of Environmental Impacts of Limestone Quarrying Operations in Thailand. **Environmental and Climate Technologies**. v.20, p.67-83. 2017.

KLOPFFER, W.; GRAHL, B. Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v.21, p. 1–11, 2016.

KUKFISZ B., MARANDA A. Application of the life cycle assessment (LCA) method for assessing the impact of mechanically loaded mining blasting materials on the environment. **Chemik.** v, 68, p. 29-38. 2014

KUMAR, R. Influence of recycled coarse aggregate derived from construction and demolitions waste (CDW) on abrasion resistance of pavement concrete. **Construction and Building Material**. v.142, p. 248-255. 2017

LAI, Y.; YEH, L.; CHEN, P.; SUNG, P.;LEE,Y. Management and Recycling of Construction Waste in Taiwan. **Procedia - Environmental Sciences**, n. 35, p. 723-730, 2016.

LEITE, F. da C.; MOTTA, R. dos S.; VASCONCELOS, K. L.; BERNUCCI, L. Laboratory evaluation of recycled construction and demolition waste for pavements. **Construction and Building Materials**. v.25, p. 2972-2979. 2011.

LELEK L., KULCZYCKA J., LEWANDOWSKA A., ZAREBSKA J. Life cycle assessment of energy generation in Poland. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v.21, p.1-14, 2015.

LIU, L.; TAN, Q.; LIU, L.; CAO, J. Comparison of different comminution flowsheets in terms of minerals liberation and separation properties. **Minerals Engineering**, v. 125, p.26-33. 2018.

LUCCA, P.V. **Avaliação do Resíduo de Construção e demolição produzido e tratado no município de Curitiba – PR e de seu uso como base de pavimentos urbanos**. 150f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

MACHIM, A. B.; NASCIMENTO, L. F. C. Efeitos da exposição a poluentes do ar na saúde das crianças de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública.** v. 34, n. 3. 2018.

MARTINÉZ, P.S.; CORTINA, M.G.; MARTÍNEZ, F.F.; SÁNCHEZ, A.R. Comparative study of three types of fine recycled aggregates from construction and demolition waste (CDW), and their use in masonry mortar fabrication. **Journal of Cleaner Production**. v. 118, p.161-169. 2016.

MARTINEZ-SANCHEZ, V.; KROMANN, M. A.; ASTRUP, T. F. Life cycle costing of waste management systems: Overview, calculation principles and case studies. **Waste Management**, v. 36, p. 343–355, 2015.

MASANET, E.; CHANG, Y.; YAO, Y.; BRIAM, R. ; HUANG, R. Reflections on a massive open online life cycle assessment course. **The International Journal of Life Cycle Assessment**. v.19, p.1901-1907. 2014.

MATHIAS, A. L.; FISCHER, K. M.; LUCCA, P. V. Avaliação comparativa da reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil e na Alemanha. In: DO AMARAL, K. J. do; ERBE, M. C. L.; NEUFFER, D.; KOLICHESKI, M.B.; FEILSTRECKER, M. de (Ed.). **Meio Ambiente Urbano e Industrial: Desafios, Tecnologia e Soluções**. Curitiba, UFPR: SENAI; Stuttgart: Universidade de Stuttgart. 2017. p. 15-40.

MATTHEWS, H. S.; HENDRICKSON, C.T.; MATTHEWS, D. H. **Life Cycle Assessment: Quantitative Approaches for Decisions That Matter**. 2015

MAUCIERI, C.; BARBERA, A.C.; VYMAZAL, J.; BORIN, M. A review on the main affecting factors of greenhouse gases emission in constructed wetlands. **Agricultural and Forest Meteorology**. v.236, p.175-193. 2017.

MOTTA, R. S**. Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego**. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil**.1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

NATHANIEL, S.P.; IHEONU, C.O. Carbon dioxide abatement in Africa: The role of renewable and non-renewable energy consumption. **Science of the Total Environment**, v. 679, p. 337-345. 2019.

NIKLITCHEK, M. E.; LABBÉ, R.; GUERRERO, J. Heating and hot water with wood chips. Is it convenient to firewood boilers in southern Chile? **Energy for Sustainable Development.** v. 55, p. 24-31. 2020

ONTORIA, Y.; GUEDES, G. E.; SANMARTI, N.; ESTELLER, J. B.; RUIZ, J. M.; ROMERO, J.; PÉREZ, M. Interactive effects of global warning and eutrophication on a fast-growing Mediterranean seagrass. **Marine Environmental Research.** v. 145, p. 27-38. 2019.

ORTIZ, O.; CASTELLS, F.; SONNEMANN, G. Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. **Construction and Building Materials**, v. 23, p. 28–39. 2009.

ORTIZ, O.; PASQUALINO, J.; CASTELLS, F. Environmental performance of construction waste: comparing three scenarios from a case study in Catalonia, Spain. **Waste Management**, v. 30, p. 646–654. 2010.

OSSA, A.; GÁRCIA, J.L.; BOTERO, E. Use of recycled construction and demolition waste (CDW) aggregates: A sustainable alternative for the pavement construction industry. **Journal of Cleaner Production**. v.135, p.379-386. 2016.

ÖZALP, F.; YILMAZ, H.D., KARA, M.; KAYA, Ö.; SAHIN, A. Effects of recycled aggregates from construction and demolition wastes on mechanical and permeability properties of paving stone, kerb and concrete pipes. **Construction and Building Materials**. v. 110, p.17-23. 2016.

PAIVA, I. V. L. DE. **Análise da viabilidade econômica e ambiental para criação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil em uma abordagem simbiótica: Um estudo para a região metropolitana de Natal**. 155f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2016.

PASQUALINO, J.; ORTIZ, O.; CASTELLS, F. Life cycle assessment as a tool for material selection and waste management within the building sector. In: 25th

conference on passive and low energy architecture, 2008, Dublin, Irlanda. **Anais...** Dublin, Irlanda, p. 22-24, 2008

PAZ, D. H.F.; LAFAYETTE, K.P.V. Forecasting of construction and demolition waste in Brazil. **Waste Management & Research**. v.34. p.708-716. 2016.

PEDRO, D.; BRITO, J. de; EVANGELISTA, L. Influence of the use of recycled concrete aggregates from different sources on structural concrete. **Construction and Building Materials**. v.71, p.141-151. 2014.

PENTEADO, C. S. D.; ROSADO, L. P. Comparison of scenarios for the integrated management of construction and demolition waste by life cycle assessment: A case study in Brazil. **Waste Management & Research**, v. 34, p.1026-1035. 2016

PINI, M.; FERRARI, A.M. GAMBERINI, R.; NERI, P.; RIMINI, B. Life cycle assessment of a large, thin ceramic tile with advantageous technological properties. **Journal Life Cycle Assess**. v.19, p. 1567-1580. 2014.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 189f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

PRADO, M. R.; KASKANTZIS, G. Neto. Environmental analysis of packaging for soft drinks using the life cycle assessment methodology, **Chinese Business Review**, v. 13, p. 94-100, 2014

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. Termo de referência para aquisição de agregados reciclados. Curitiba, 2015.

RAHMAN, M. A.; IMTEAZ, M. ARULRAJAH, A.; DISFANI, M.M. Suitability of recycled construction and demolition aggregates as alternative pipe backfilling materials. **Journal of Cleaner Production**, v.66, p. 75-84. 2014.

RODRÍGUEZ, R.; ESPADA, J.J.; PARIENTE, M.I.; MELERO, J.A.; MARTÍNEZ, F.; MOLINA, R. Comparative life cycle assessment (LCA) study of heterogeneous and homogeneous Fenton processes for the treatment of pharmaceutical wastewater. **Journal of Cleaner Production**. v.124, p.21-29. 2016.

ROQUE, A.J.; SILVA, P.F.da; RODRIGUES, G.; ALMEIDA, R. Recycling of CDW and Steel Slag in Drainage Layers of Transport Infrastructures. **Procedia Engineering**. v.143, p.196-203. 2016.

ROSADO, L.P. **Avaliação do Ciclo de Vida de Alternativas para o Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil do Município de Limeira/SP, Brasil**. 386f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Inovaçãol) – Universidade Estadual de Campinas. Limeira, 2015.

ROSADO, L.P.; VITALE, P.; ARENA, C.S.G. Life cycle assessment of natural and mixed recycled aggregate production in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v.151, p.634-342. 2017.

SAADE, M. R. M. **Modelagem de Multifuncionalidade aplicada a ACV de Cimentos e Concretos**. 202f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2017

SANGIORGI, C.; LANTIERI, C.; DONDI, G. Construction and demolition waste recycling: an application for road construction. **International Journal of Pavement Engineering**. v. 16, p.530-537. 2015.

SANTOS, A.L. dos; PINTO, C.H.C.; CATUNDA, A.C.M.M. Percepção da Legislação Ambiental, Gestão e Destinação final dos RCD – Resíduos da Construção e Demolição: Um estudo de caso em Parnamirim/RN/Brasil. **HOLOS**, v.2, p.33-49. 2015

SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (SEMA). Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná. Disponível em: http://www.residuossolidos.sema.pr.gov.br/. Acesso em 22 Jun. 2019.

SHUKLA, J.B.; VERMA, M.. MISRA, A.K. Effect of global warming on sea level rise: A modeling study. **Ecological Complexity.** v.32, p. 99-110. 2017

SILVA, M. B. DE L. **Novos materiais à base de resíduos de construção e demolição (RCD) e resíduos de produção de cal (RPC) para uso na construção civil.** 86f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia e Ciências dos Materiais)-Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2014.

SOLTANI, A.; SADIQ, R.; HEWAGE, K. Selecting sustainable waste-to-energy Technologies for municipal solid waste treatment: a game theory approach for group decision-making. **Journal of Cleaner Production**. v.113, p. 388-399. 2016.

SOUZA, A. K. R.; MARASSUTTI, C. Y.; DEUS, W. B. Poluição do Ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Biomedica Brasiliensia.** v. 9, n.3, p. 95-106. 2018

SPIELMANN, M.; BAUER, C.; DONES, R.; TUCHSCHMID, M. Transport Services. Ecoinvent Report, n. 14. Dübendorf: Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2007.

SUÁREZ, S,; ROCA, X.; GASSO, S. Product-specific life cycle assessment of recycled gypsum as a replacement for natural gypsum in ordinary Portland cement: application to the Spanish context. **Journal of Cleaner Production**. v.117, p. 150-159. 2016.

TAVIRA, J.; JIMÉNEZ, J.R.; AYUSO, J.; SIERRA, M. J.; LEDESMA, E.F. Functional and structural parameters of paved road section constructed with mixed recycled aggregates from non-selected construction and demolition

waste with excavation soil. **Construction and Building Materials**. v.164, p,57-69. 2018.

TORRES, P.; COSTA, S.; FERREIRA, S.; SILVEIRA, C. MIRANDA, A. I.; TEIXEIRA, J. P.; PERIRA, M. do C.; MENDES, A. Poluição atmosférica: breve revisão da situação em Portugal e os impactos na saúde pública. **Saúde Ambiental,** v. 5, p. 20-25. 2017.

TURK, J.; COTIC, Z.; MLADENOVIC, A.; SAJNA, A. Environmental evaluation of green concretes versus conventional concrete by means of LCA. **Waste Management**. v.45, p. 194-205. 2015.

TURNER, D. A.; WILLIAMS, I. D.; KEMP, S. Combined material flow analysis and life cycle assessment as a support tool for solid waste management decision making. **Journal of Cleaner production**, v. 129, p. 234–248, 2016.

VALDÉS, A.J.; ROBLES, D.R.;GONZÁLES, J.G.; ROMERO, M.I.G.; DEL POZO, J.M.M. Mechanical and microstructural characterization of non-structural precast concrete made with recycled mixed ceramic aggregates from construction and demolition wastes. **Journal of Cleaner Production**. v.180, p.482-493. 2018.

VAN DER HARST, E.; POTTING, J.; KROEZE, C. Comparison of different methods to include recycling in LCAs of aluminum cans and disposable polystyrene cups. **Waste management**, Nova York, v. 48, p. 565-583.2016.

VURAL, G. Renewable and non-renewable energy-growth nexus: A panel data application for the selected Sub-Saharan African countries. **Resources Policy.** v. 65. 2020

XUAN, D.X.; MOLENAAR, A.A.A.; HOUBEN, L.J.M. Evaluation of cement treatment of reclaimed construction and demolition waste as road bases. **Journal of Cleaner Production**. v.100, p.77-83. 2015.

WOLF, C. KLEIN, D. WEBER-BLASCHKE, G. RICHTER, K. Systematic Review and Meta-Analysis of Life Cycle Assessments for Wood Energy Services. **Journal of Industrial Ecology**. v.20. 2016.

ZUTSHI, A.; CREED, A. An international review of environmental initiatives in the construction sector. **Journal of Cleaner Production**. v.98, p. 92-106. 2015.

APÊNDICE 1 – PASSO A PASSO SIMAPRO PARA O CENÁRIO 1

1. ABERTURA DO SOFTWARE SIMAPRO

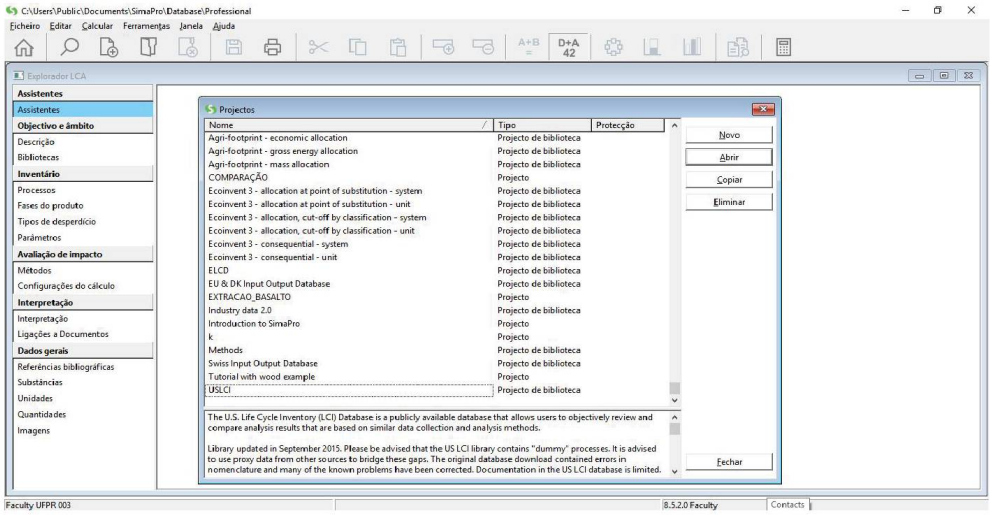
Para abertura do software SimaPro é necessário clicar na tecla “Ok”

2. CRIANDO UM NOVO PROJETO

O próximo passo é a criação do projeto. Inicia-se a criação de um projeto clicando na tecla “Novo”.

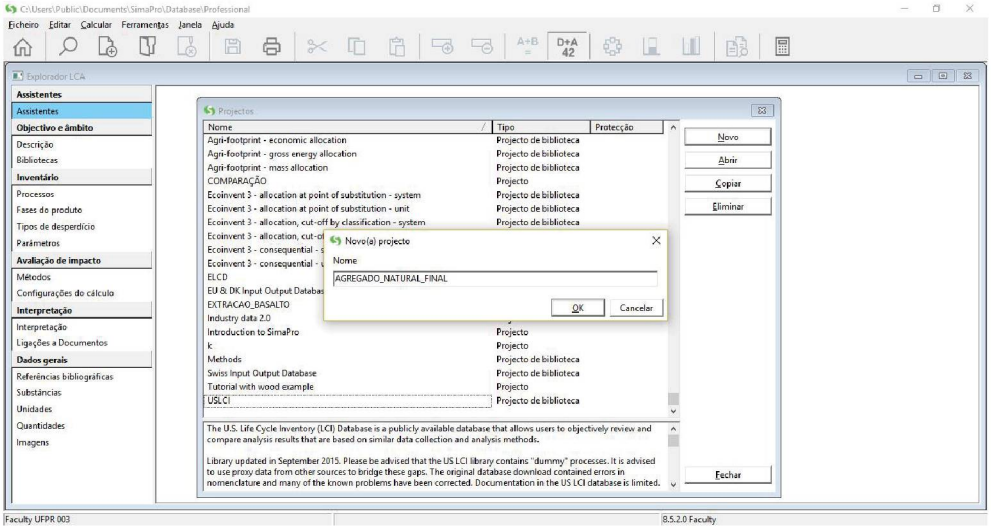
Para abrir um projeto já existente, deve-se selecionar o projeto em questão e clicar na tecla “Abrir”.

Outras opções estão disponíveis nesta janela, sendo elas: “Copiar” quando a intenção é copiar algum projeto já existente e “Eliminar”, quando o caso seja deletar algum projeto.



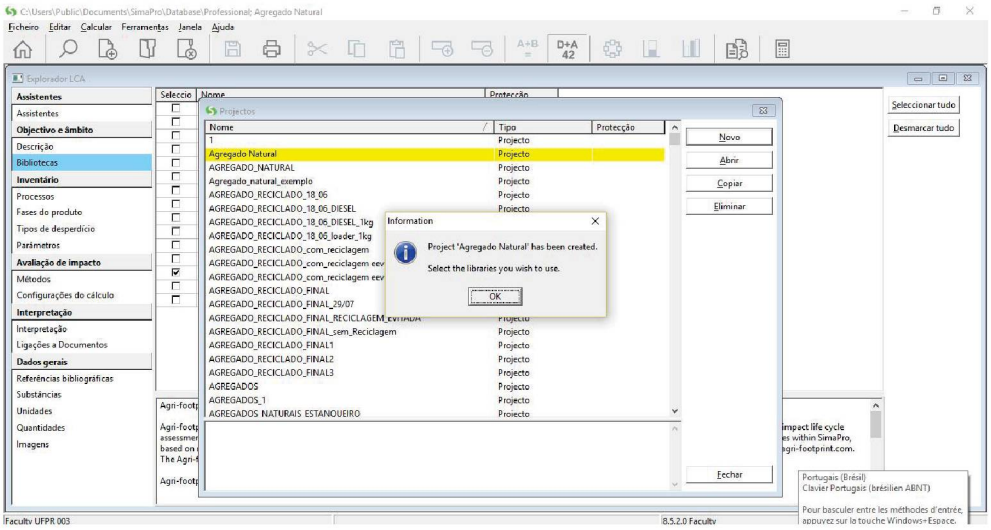
3. NOMEAR O PROJETO

Após selecionar a tecla “Novo”, uma nova janela é aberta para que você entre com o nome do projeto, para finalizar é necessário clicar em “Ok”.



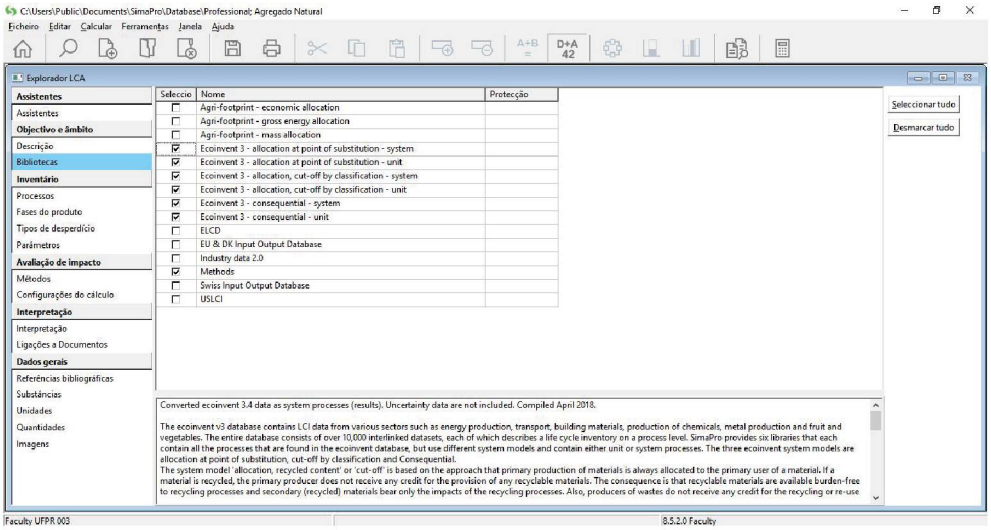
4. PROJETO CRIADO

É apresentado na tela um aviso de que o projeto foi criado e que se devem escolher as bibliotecas de base de dados que serão usadas.



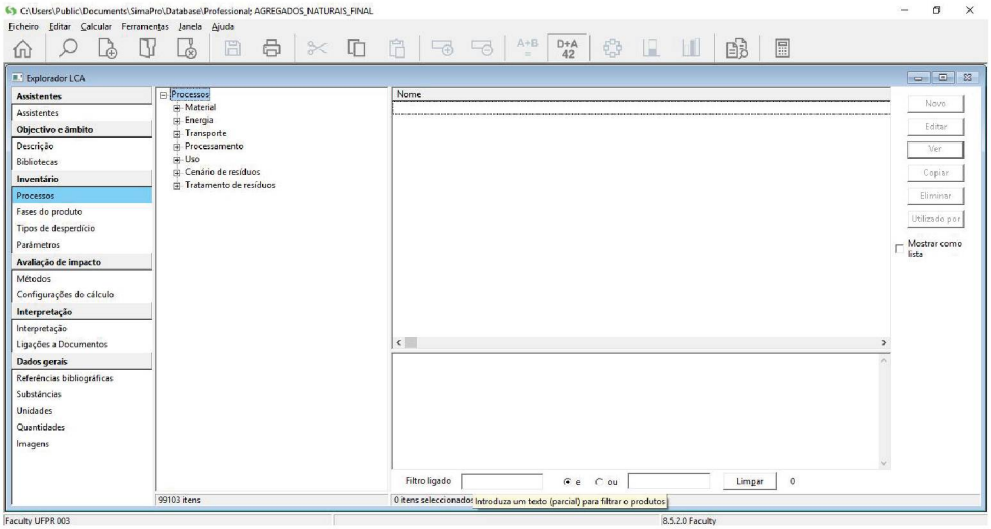
5. SELECIONAR AS BIBLIOTECAS A SEREM USADAS NO PROJETO

Neste trabalho foi selecionada a base de dados *ecoinvent*® v.3 e os métodos de análise de Avaliação de Impactos.



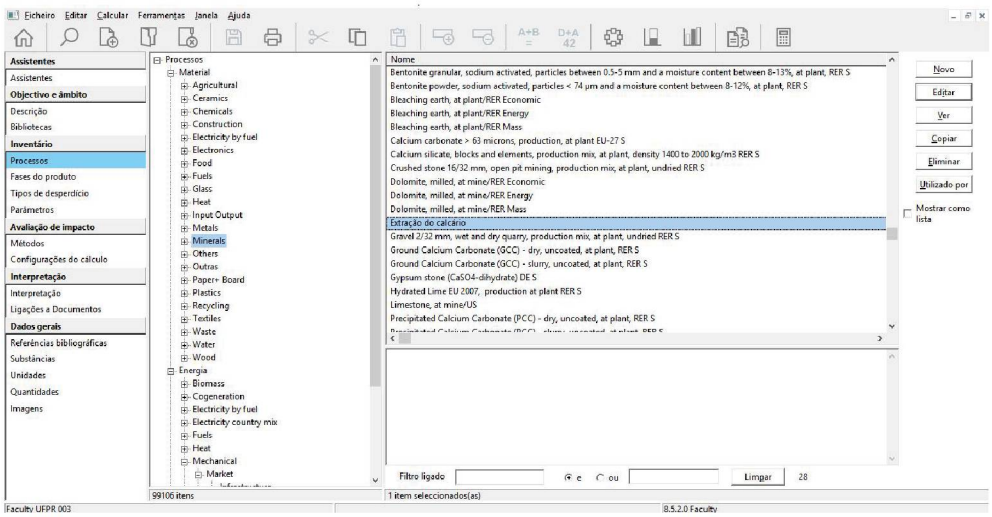
6. SELECIONAR A CATEGORIA DOS PROCESSOS A SER UTILIZADA

Após escolher as bibliotecas, deve-se iniciar o Inventário do Ciclo de vida. A seção "Processos" é dividida em 6 categorias (Material, Energia, Transporte, Processamento, Uso, Cenário de Resíduos e Tratamento de resíduos).



7. CRIANDO O PROCESSO “EXTRAÇÃO DE CALCÁRIO”

Inicialmente foi criado o processo “Extração de Calcário”. Para isso, deve-se selecionar a categoria “Material” e em seguida “Mineral”. Para criar este processo, deve-se clicar em “Novo”.



8. ENTRADAS E SAÍDAS DO PROCESSO “EXTRAÇÃO DE CALCÁRIO”

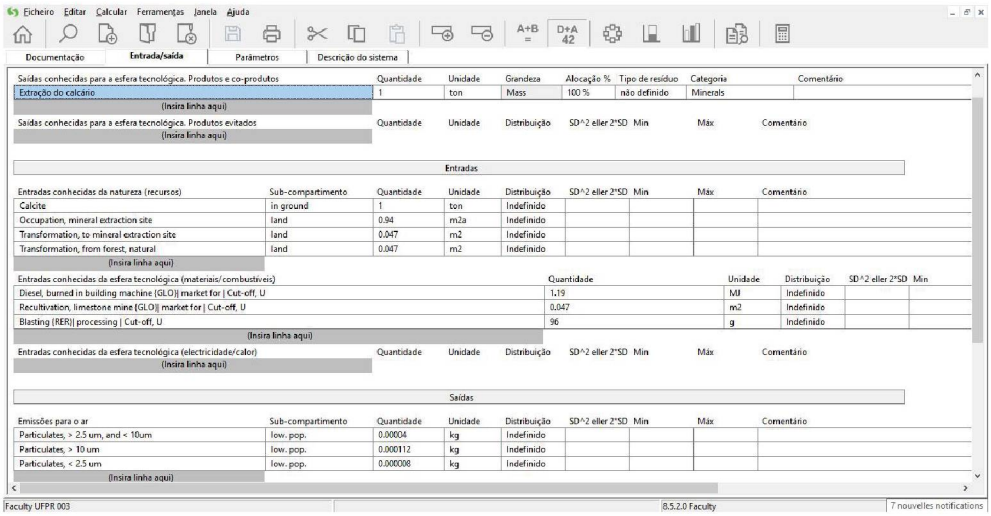
Na próxima janela que será aberta, devem-se completar as entradas e saídas do processo que esta sendo criado. Para entrar com os dados necessários ao processo, deve-se clicar duas vezes na linha, adicionar o conteúdo, escolher as matérias primas ou os processos.

Neste caso, as saídas conhecidas para a esfera tecnológicas são os produtos originados do processo.

Já as entradas conhecidas da natureza referem-se aos recursos. Neste estudo, os recursos contabilizados foram a calcita, a ocupação do local de extração mineral e transformação do local de extração mineral e da vegetação nativa que ocupava o lugar anteriormente.

Já as entradas conhecidas da esfera tecnológica referem-se aos materiais e combustíveis utilizados. Neste estudo, foram contabilizados o uso de explosivo, o recultivo do local de extração e o uso de combustível em equipamentos de extração.

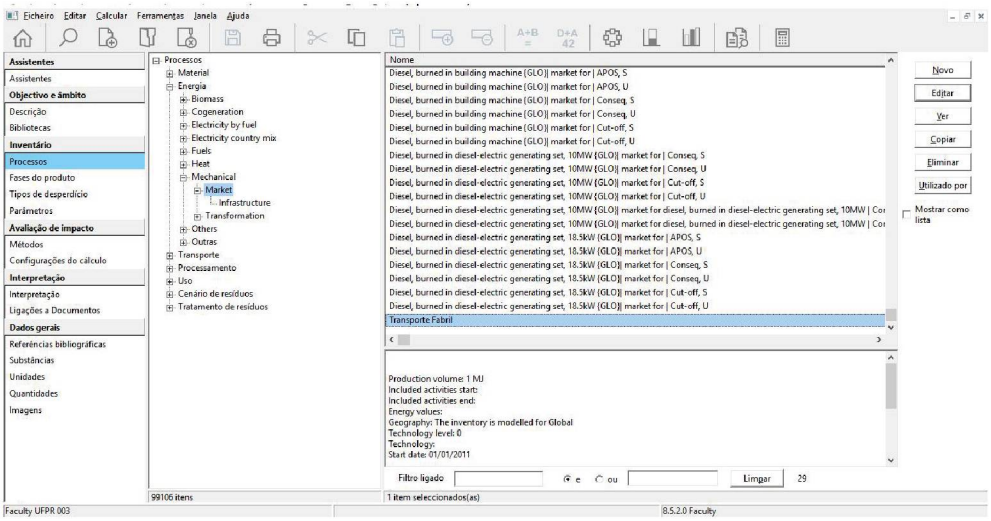
Por fim, foram incluídas também as emissões de material particulado relacionado ao processo de “Extração Mineral”.



9. CRIANDO O PROCESSO DE “TRANSPORTE FABRIL”

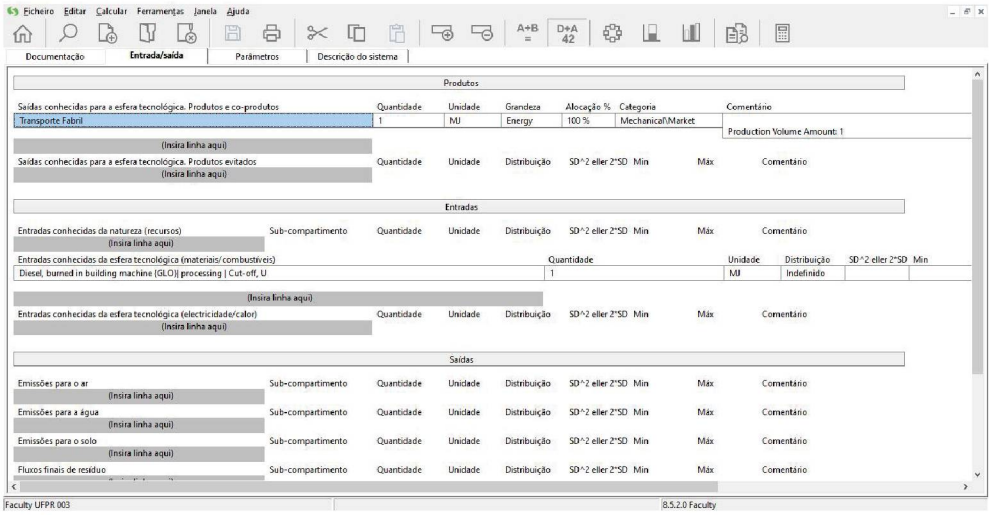
Para criar o “Transporte Fabril”, foi escolhido um dos processos entre os existentes na categoria Energia > Mechanical > Market para fazer uma cópia.

Para fazer uma cópia do processo, deve-se selecionar o processo e clicar na tecla “Copiar”. A demanda energética do processo de transporte escolhido foi “Diesel, burned in building machine {GLO}| Market for | Cut-off, U”.



10. "ENTRADAS E SAÍDAS DO PROCESSO "TRANSPORTE FABRIL"

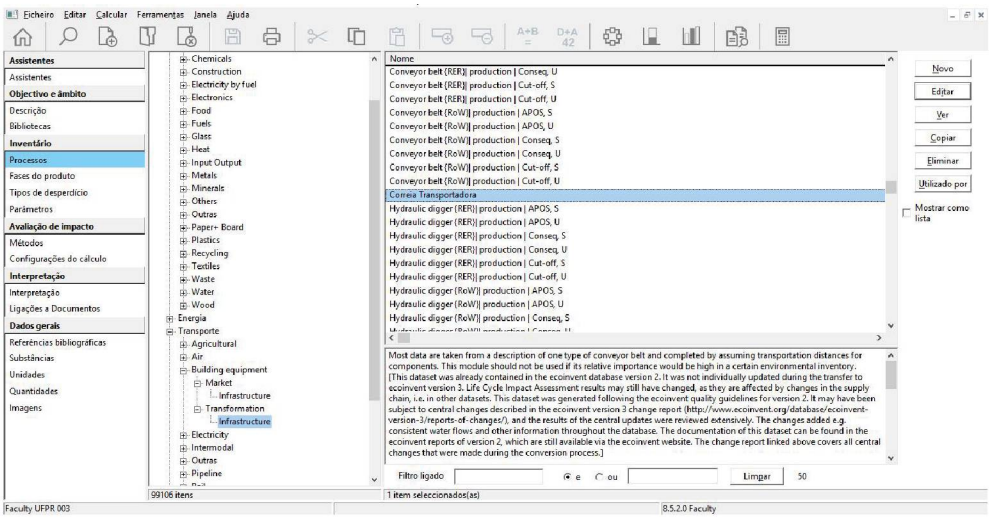
Como este processo foi copiado, foram alteradas apenas as saídas conhecidas para a esfera tecnológica, não havendo a inclusão de entradas ou saídas para o processo.



11. CRIANDO O PROCESSO DE "CORREIA TRANSPORTADORA"

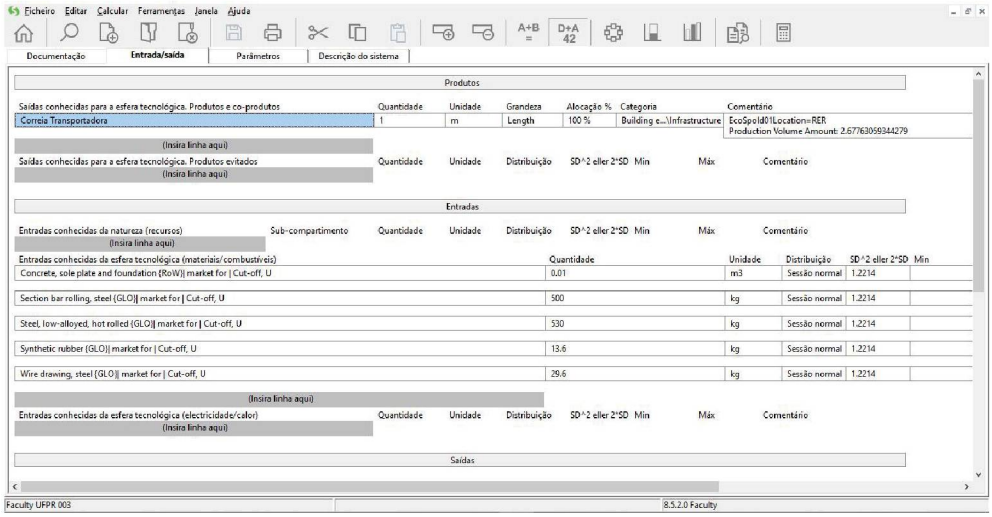
Para criar a "Correia Transportadora" foi escolhido um dos processos entre os existentes na categoria Transporte > Building Equipment> Transformation > Infrastructure para fazer uma cópia.

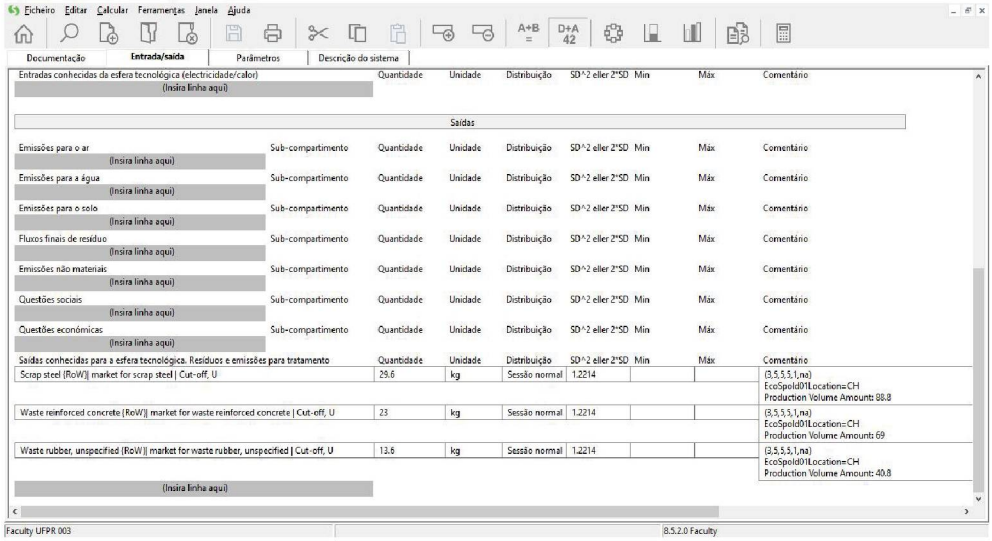
Para fazer uma cópia do processo, deve-se selecionar o processo e clicar na tecla "Copiar". O processo de transporte escolhido foi "Conveyor belt {RoW}| production | Cut-off, U".



12. ENTRADAS E SAÍDAS DO PROCESSO "CORREIA TRANSPORTADORA"

Como este processo foi copiado, foram alteradas apenas as saídas conhecidas para a esfera tecnológica, não havendo a inclusão de entradas ou saídas para o processo.

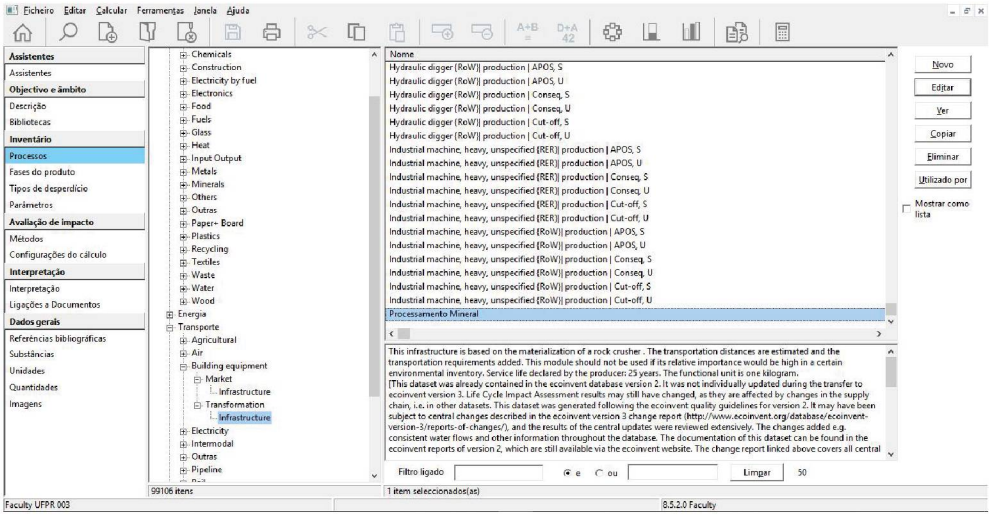




13. CRIANDO O PROCESSO DE "PROCESSAMENTO MINERAL"

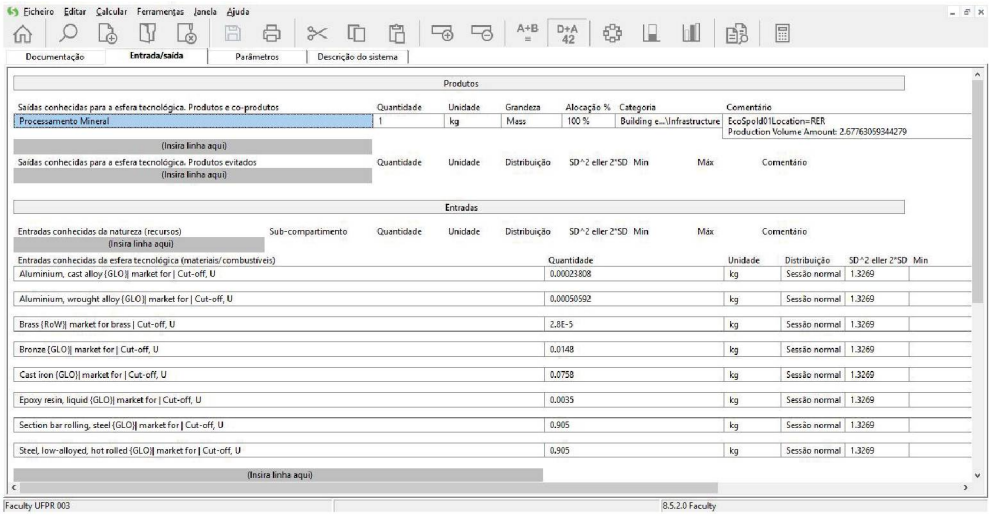
Para criar o "Processamento Mineral" foi escolhido um dos processos entre os existentes na categoria Transporte > Building Equipment> Transformation > Infrastructure para fazer uma cópia.

Para fazer uma cópia do processo, deve-se selecionar o processo e clicar na tecla "Copiar". O processo de transporte escolhido foi "Industrial Machine, heavy, unspecified {RoW}| production | Cut-off, U".



14. ENTRADAS E SAÍDAS DO PROCESSO "PROCESSAMENTO MINERAL"

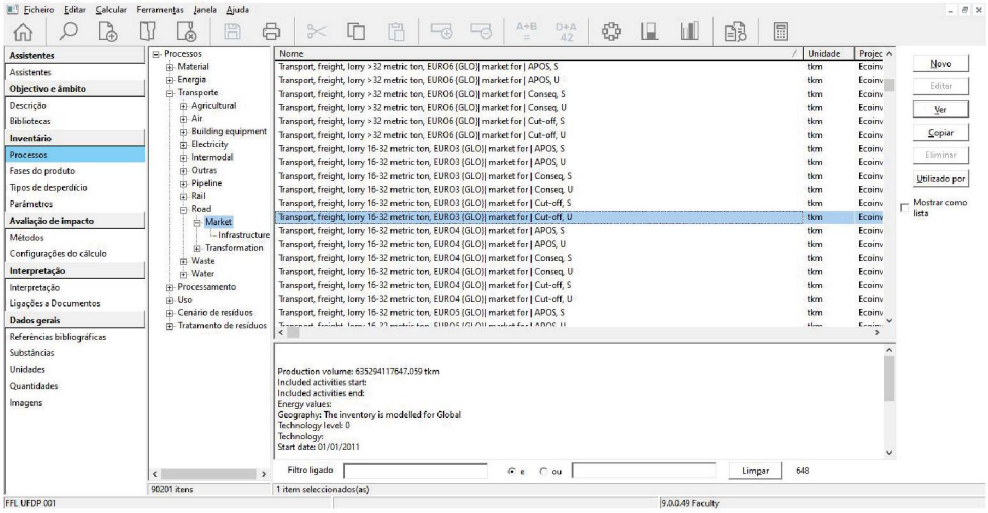
Como este processo foi copiado, foram alteradas apenas as saídas conhecidas para a esfera tecnológica, não havendo a inclusão de entradas ou saídas para o processo.



15. ESCOLHA DO PROCESSO DE “TRANSPORTE DE DISTRIBUIÇÃO”

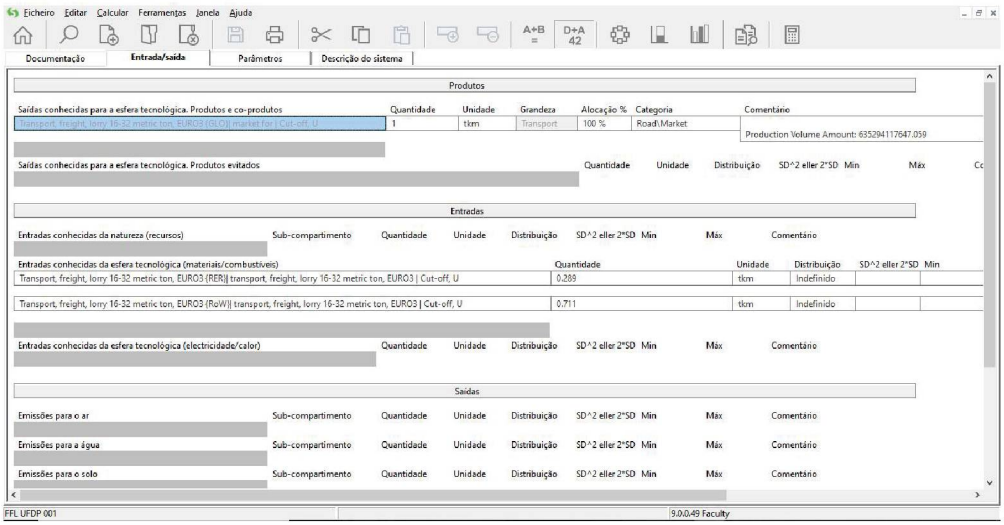
Para criar o “Processamento Mineral” foi escolhido um dos processos entre os existentes na categoria Transporte > Road> Market> Infrastructure para fazer uma cópia.

Para fazer uma cópia do processo, deve-se selecionar o processo e clicar na tecla “Copiar”. O processo de transporte escolhido foi “Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {GLO}| market for | Cut-off, U”.



16. ENTRADAS E SAÍDAS DO PROCESSO “TRANSPORTE DE DISTRIBUIÇÃO”

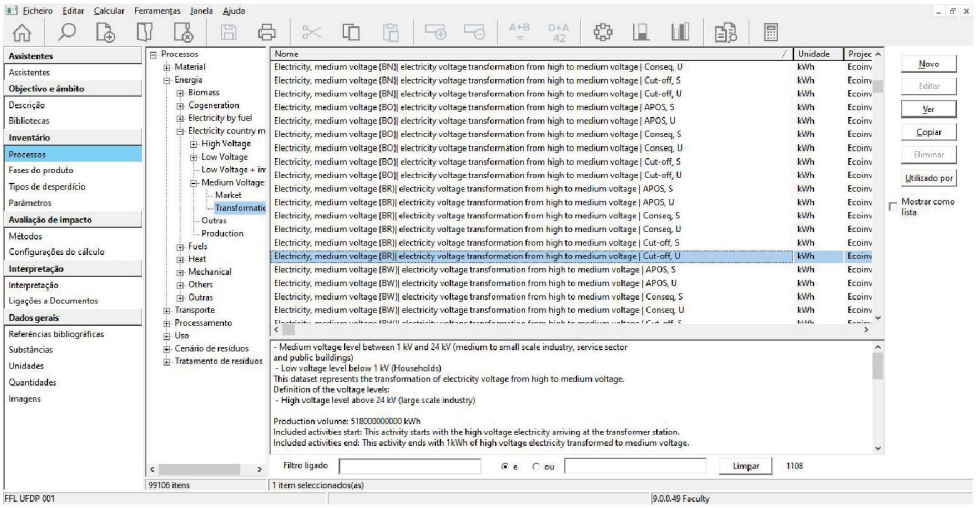
Como este processo foi copiado, foram alteradas apenas as saídas conhecidas para a esfera tecnológica, não havendo a inclusão de entradas ou saídas para o processo.



17. ESCOLHA DO PROCESSO “BRITAGEM (ENERGIA ELÉTRICA)”

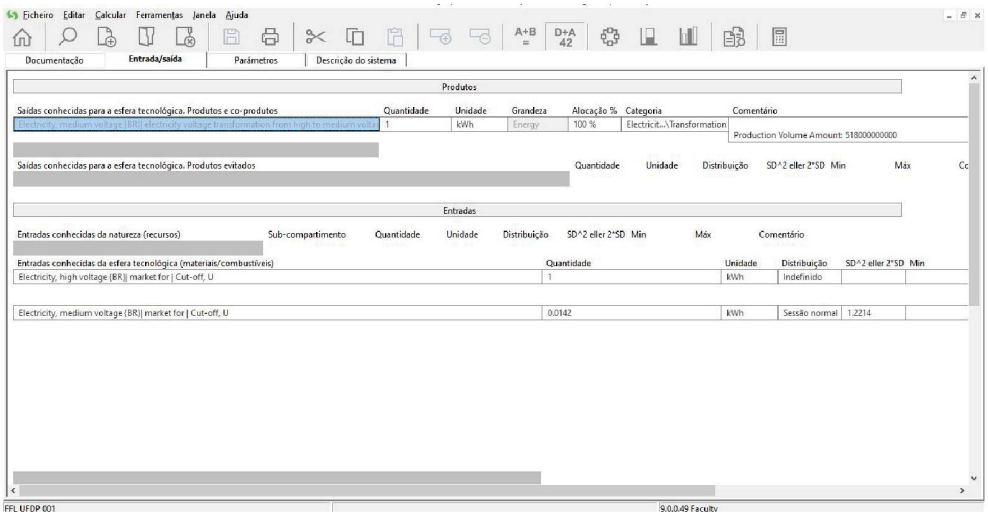
Para criar o “Britagem” foi escolhido um dos processos entre os existentes na categoria Energia > Electricity country mix> Medium Voltage> Transformation

O processo de fornecimento de energia escolhido foi “Electricity, medium voltage {BR}| electricity voltage transformation from high to medium voltage | Cut-off, U”.



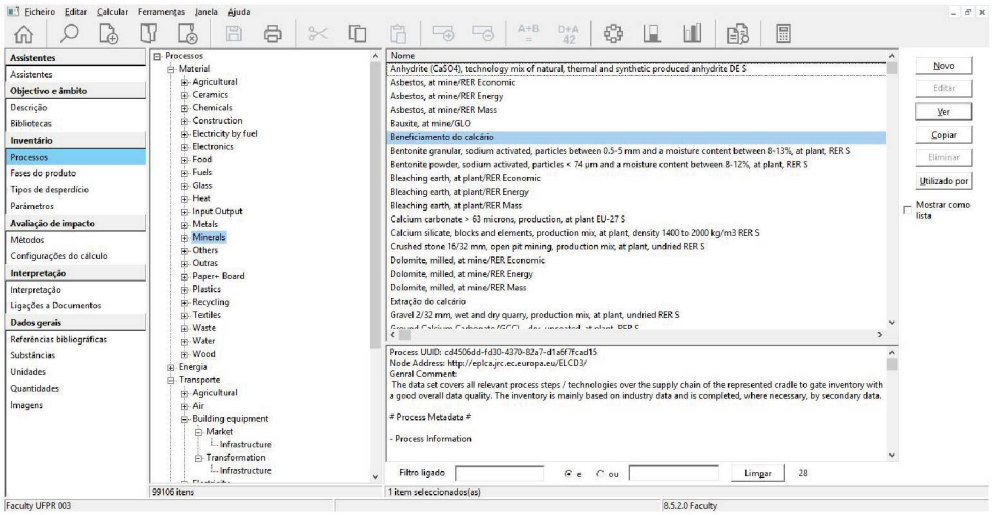
18. ENTRADAS E SAÍDAS DO PROCESSO “BRITAGEM (ENERGIA ELÉTRICA)”

Neste processo não houve a inclusão de entradas ou saídas. O processo se manteve igual ao original.



19. CRIANDO O PROCESSO “BENEFICIAMENTO DO CALCÁRIO”

Para criar o processo “Beneficiamento do Calcário”, deve-se selecionar a categoria “Material” e em seguida “Mineral”. Para criar este processo deve-se clicar em “Novo”.



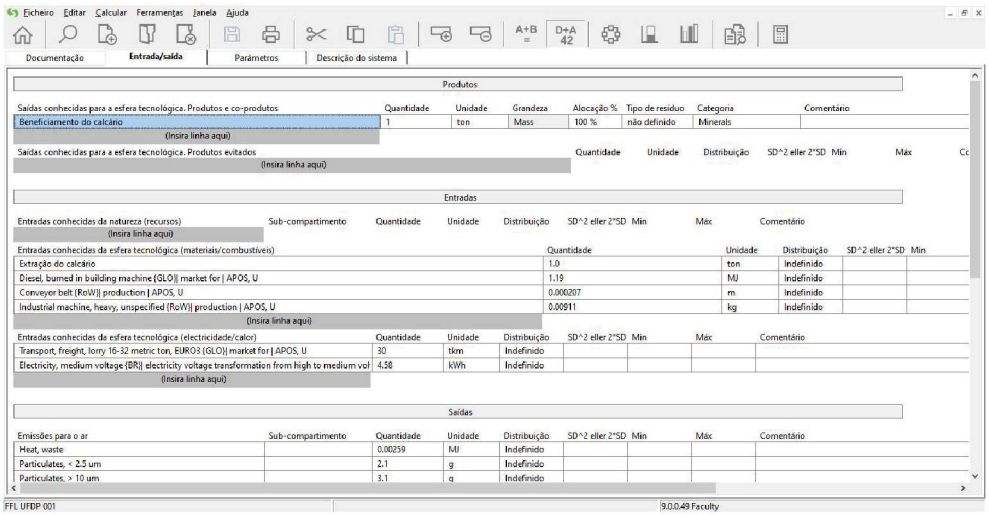
20. ENTRADAS E SAÍDAS DO PROCESSO “BENEFICIAMENTO DO CALCÁRIO”

Na próxima janela que será aberta, devem-se completar as entradas e saídas do processo que esta sendo criado. Para entrar com os dados necessários ao processo, deve-se clicar duas vezes na linha, adicionar o conteúdo, escolher as matérias primas ou os processos.

Neste caso, as saídas conhecidas para a esfera tecnológica são os produtos originados do processo.

As entradas conhecidas da esfera tecnológica referem-se aos materiais e combustíveis utilizados. Neste estudo, foi contabilizada a extração do calcário, o transporte fabril, o transporte por correia, o processamento do mineral e o transporte de distribuição.

Por fim, foram incluídos também as emissões de material particulado e gases relacionados ao processo de “Beneficiamento do Calcário”.



Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Produtos

Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos e co-produtos	Quantidade	Unidade	Grandeza	Alocação %	Tipo de resíduo	Categoria	Comentário
Beneficiamento do calcário	1	ton	Mass	100 %	não definido	Minerals	
(Insira linha aqui)							

Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos evitados	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Co
(Insira linha aqui)							

Entradas

Entradas conhecidas da natureza (recursos)	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								

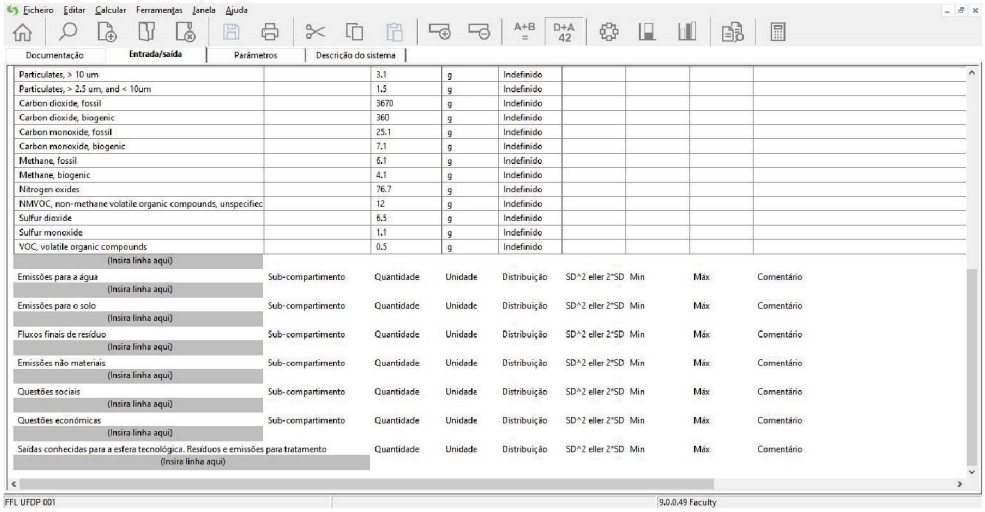
Entradas conhecidas da esfera tecnológica (materiais/combustíveis)	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min
Extração do calcário	1.0	ton	Indefinido		
Diesel, burned in building machine {GLO}| market for | APOS, U	1.19	MJ	Indefinido		
Conveyor belt {RoW}| production | APOS, U	0.000207	m	Indefinido		
Industrial machine, heavy, unspecified {RoW}| production | APOS, U	0.00911	kg	Indefinido		
(Insira linha aqui)					

Entradas conhecidas da esfera tecnológica (electricidade/calor)	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {GLO}| market for | APOS, U	30	tkm	Indefinido				
Electricity, medium voltage {BR}| electricity voltage transformation from high to medium vol	4.38	kWh	Indefinido				
(Insira linha aqui)							

Saídas

Emissões para o ar	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
Heat, waste		0.00259	MJ	Indefinido				
Particulates, < 2.5 um		2.1	g	Indefinido				
Particulates, > 10 um		3.1	g	Indefinido				

FFL UFDP 001 | 9.0.0.49 Faculty



Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

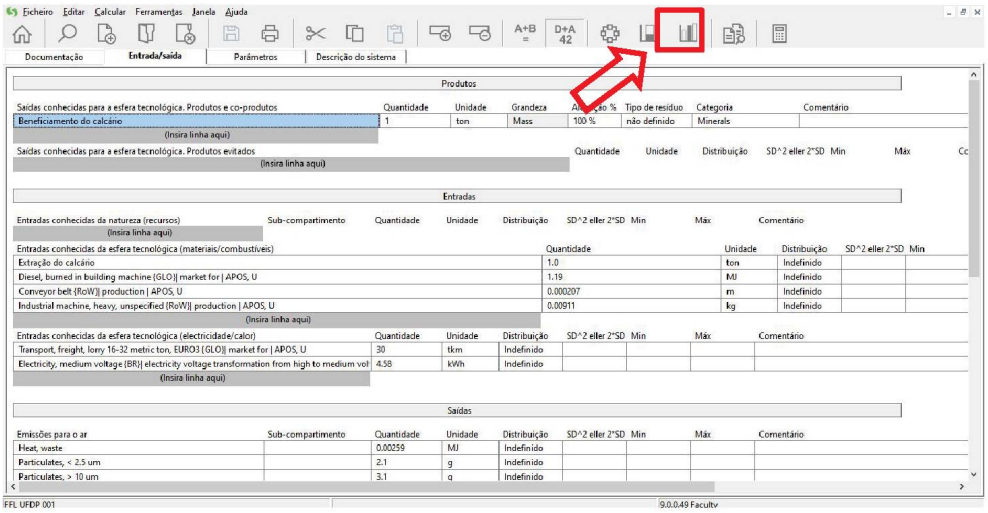
Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Particulates, > 10 um		3.1	g	Indefinido				
Particulates, > 2.5 um, and < 10um		1.5	g	Indefinido				
Carbon dioxide, fossil		3670	g	Indefinido				
Carbon dioxide, biogenic		360	g	Indefinido				
Carbon monoxide, fossil		25.1	g	Indefinido				
Carbon monoxide, biogenic		7.1	g	Indefinido				
Methane, fossil		6.1	g	Indefinido				
Methane, biogenic		4.1	g	Indefinido				
Nitrogen oxides		76.7	g	Indefinido				
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecifiec		12	g	Indefinido				
Sulfur dioxide		6.5	g	Indefinido				
Sulfur monoxide		1.1	g	Indefinido				
VOC, volatile organic compounds		0.5	g	Indefinido				
(Insira linha aqui)								
Emissões para a água	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Emissões para o solo	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Fluxos finais de resíduo	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Emissões não materiais	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Questões sociais	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Questões económicas	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Resíduos e emissões para tratamento		Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								

FFL UFDP 001 | 9.0.0.49 Faculty

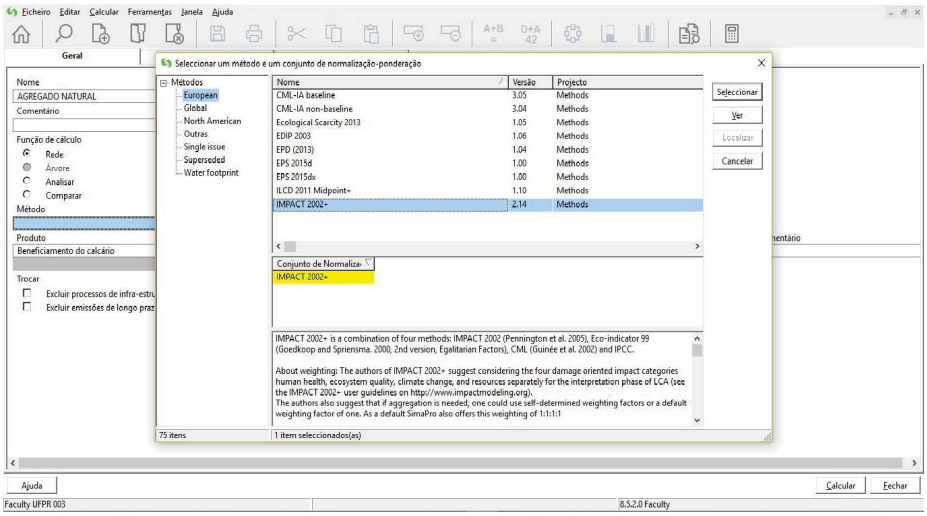
21. ANÁLISE DA REDE DO PROCESSO "BENEFICIAMENTO DO CALCÁRIO"

Após a montagem do processo de Beneficiamento do Calcário, deve-se clicar para analisar a rede do processo criado (quadrado vermelho).



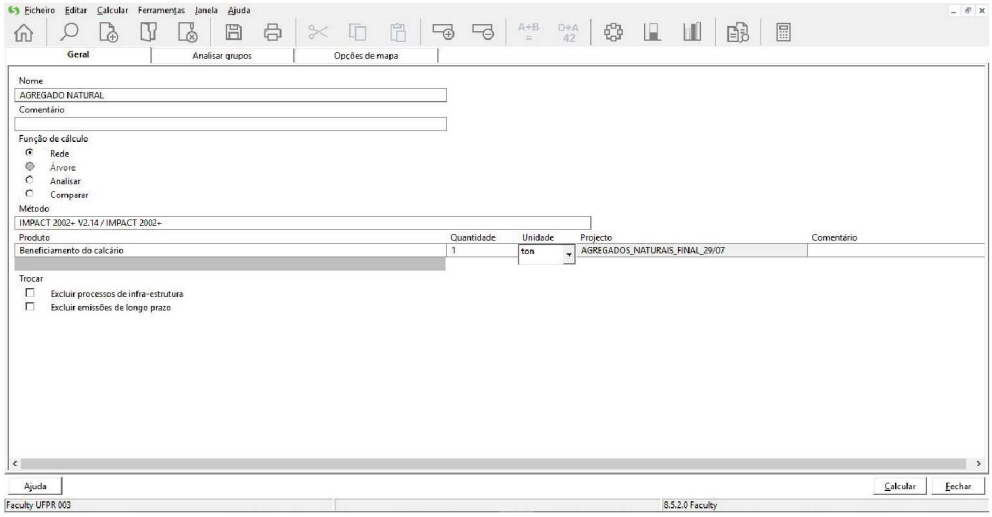
22. SELECIONAR O MÉTODO E CONJUNTO DE NORMALIZAÇÃO A SER UTILIZADO

Após clicar no ícone de análise da rede do processo uma nova janela é aberta. Nesta janela, deve-se escolher qual o método de análise de Impactos será utilizado nos cálculos. Neste caso, IMPACT 2002+ foi o escolhido.



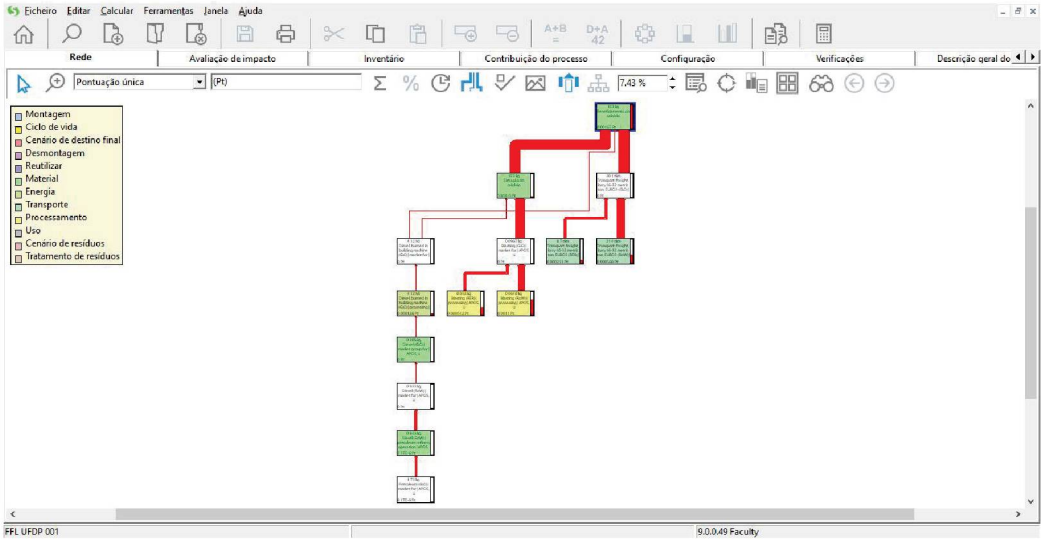
23. CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO PARA REDE DE PRODUÇÃO DE 1 TON DE AGREGADO NATURAL

Devem-se identificar parâmetros para a configuração de calculo para a rede de produção, como Nome, Método, Quantidade e Unidade do Produto. Após a definição destes parâmetros, deve-se clicar em “Calcular”.



24. ANÁLISE DA REDE DE PRODUÇÃO DE 1 TON DE AGREGADO NATURAL

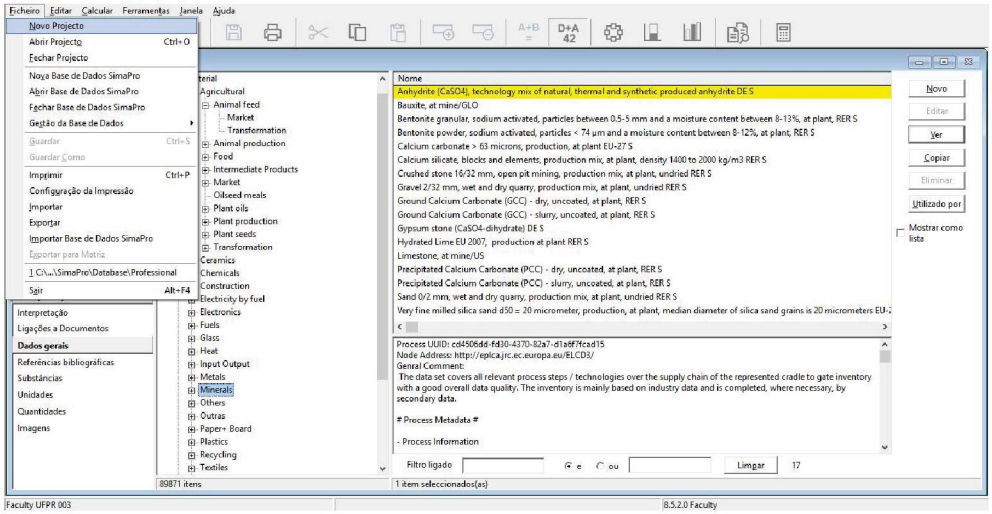
Após os cálculos é aberta a janela de resultados, iniciando pela rede de fluxos entre os processos.



APÊNDICE 2 – PASSO A PASSO SIMAPRO PARA O CENÁRIO 2

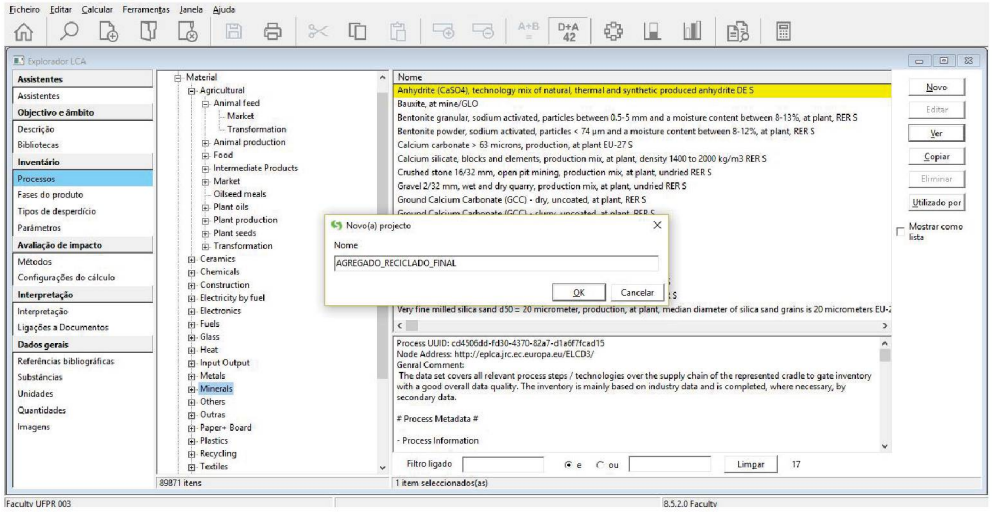
25. CRIANDO UM NOVO PROJETO

Para criar um novo projeto deve-se selecionar Ficheiro> Novo Projeto.



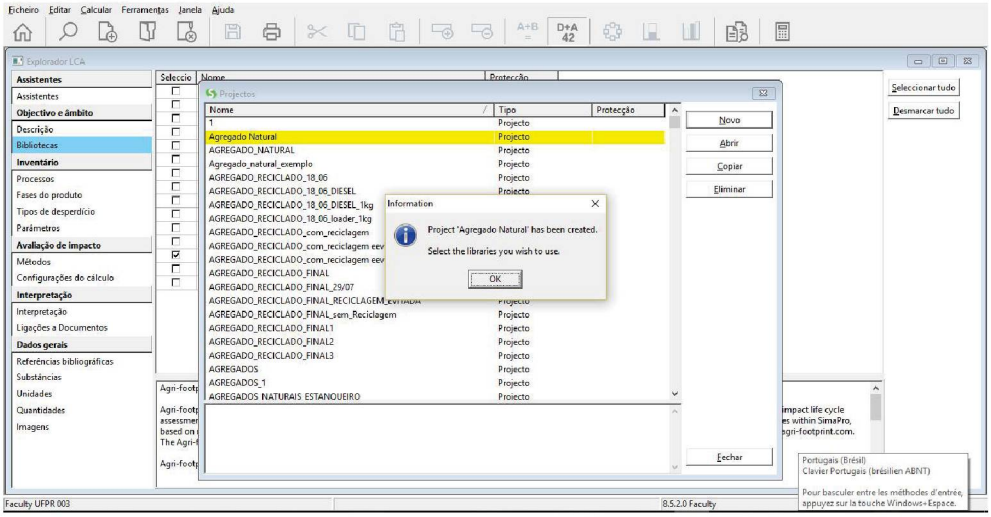
26. NOMEAR PROJETO

Após selecionar a tecla "Novo", uma nova janela é aberta para que você entre com o nome do projeto, para finalizar é necessário clicar em "Ok"



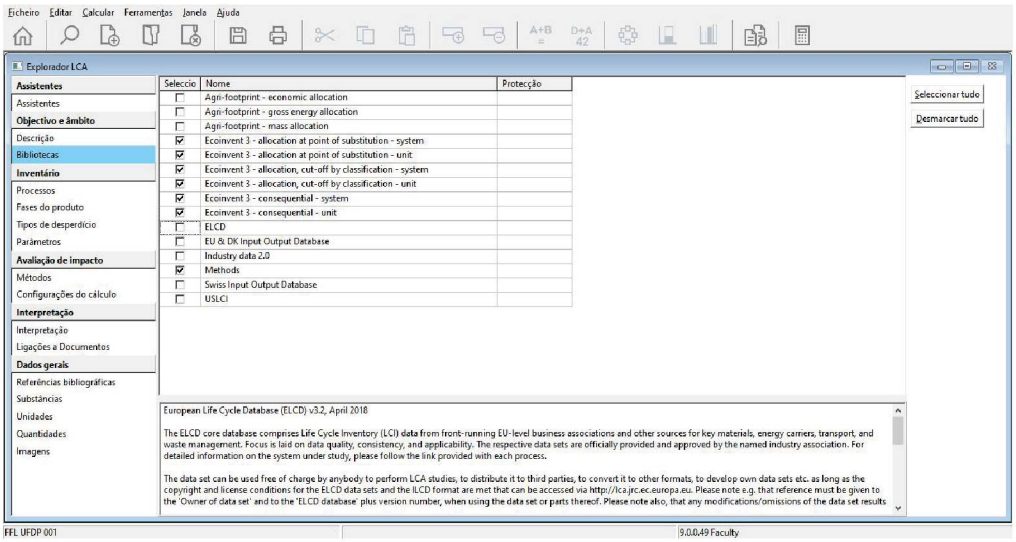
27. PROJETO CRIADO

Após nomear o projeto, é apresentado na tela um aviso de que o projeto foi criado e que se deve escolher as bibliotecas de base de dados que serão usadas.



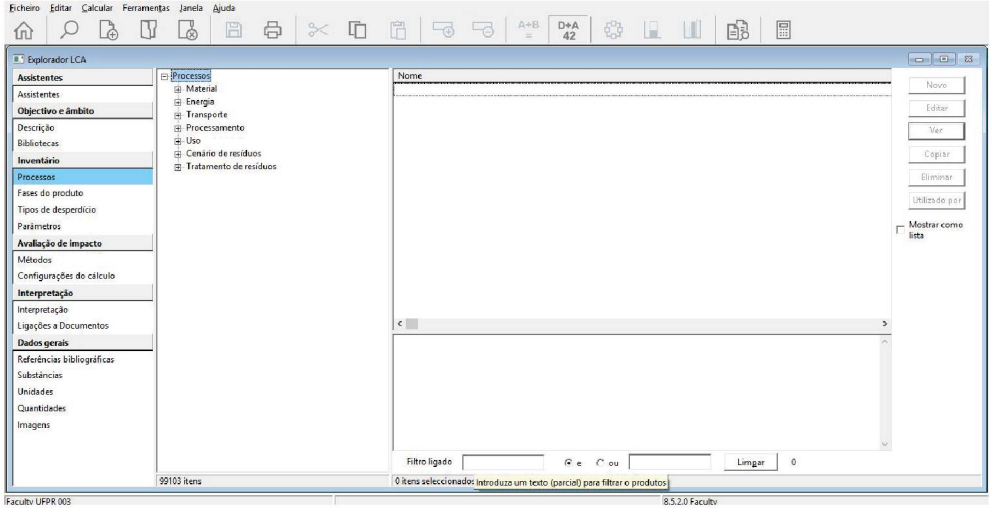
28. SELECIONAR AS BIBLIOTECAS A SEREM USADAS NO PROJETO

Neste trabalho foi selecionada a base de dados *ecoinvent*® v.3 e os métodos de análise de Avaliação de Impactos.



29. SELECIONAR A CATEGORIA DOS PROCESSOS A SER UTILIZADA

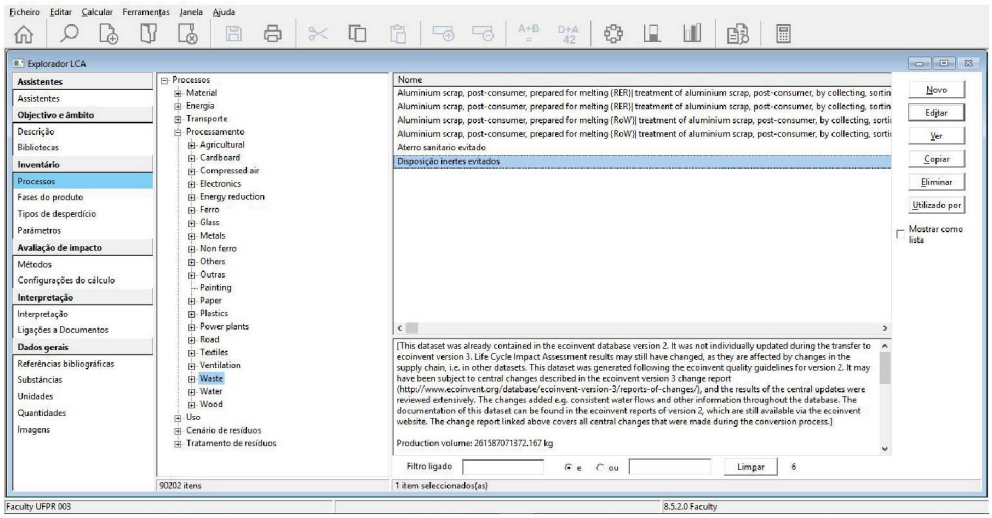
Após escolher as bibliotecas, deve-se iniciar o Inventário do Ciclo de vida. A seção "Processos" é dividida em 6 categorias (Material, Energia, Transporte, Processamento, Uso, Cenário de Resíduos e Tratamento de resíduos).



30. CRIANDO O PROCESSO "DISPOSIÇÃO DE INERTES EM ATERRO EVITADO"

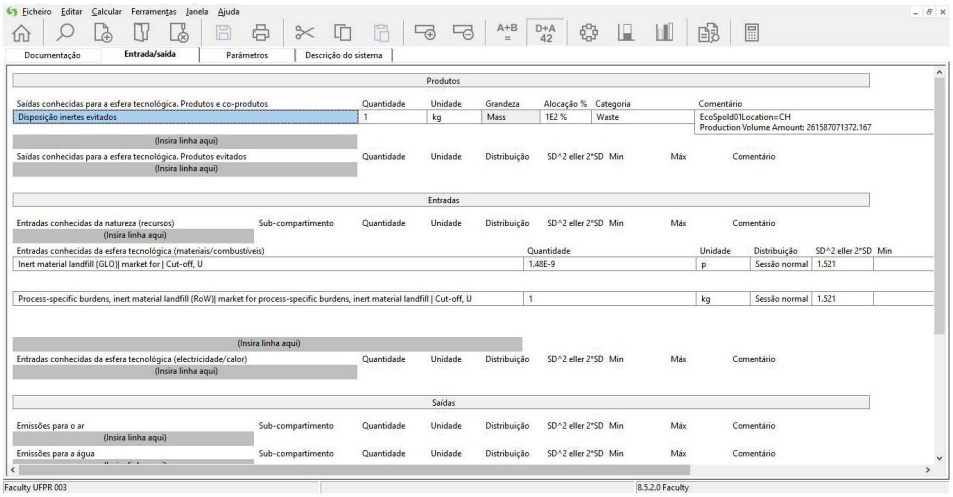
Inicialmente para criar a "Disposição Inertes Evitada" foi escolhido um dos processos entre os existentes na Processamento>Waste.

Para fazer uma cópia do processo, deve-se selecionar o processo e clicar na tecla "Copiar". A demanda energética do processo de transporte escolhida foi "Diesel, burned in building machine {GLO}| Market for | Cut-off, U".



31. ENTRADAS E SAÍDAS DO PROCESSO “DISPOSIÇÃO DE INERTES EM ATERRO EVITADO”

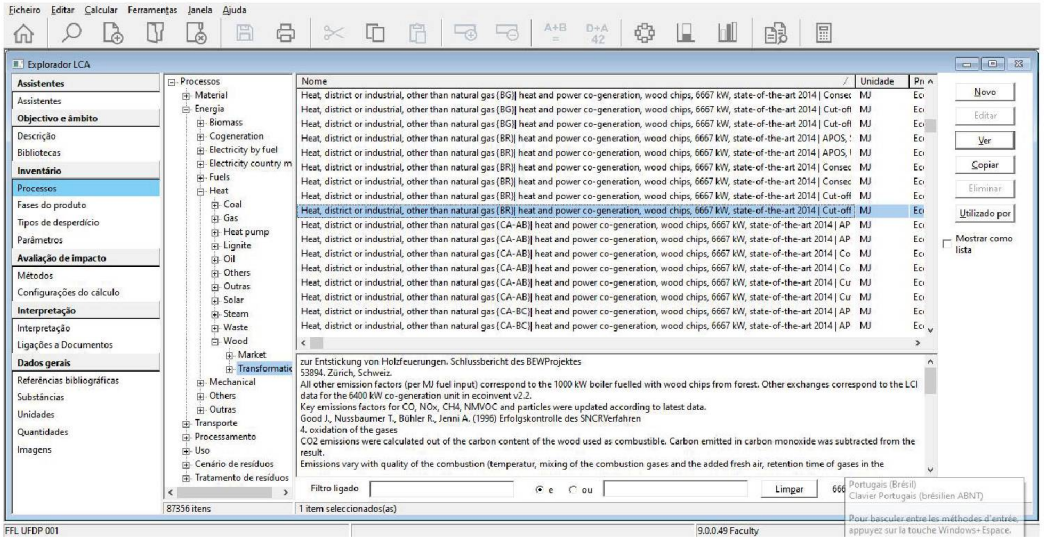
Como este processo foi copiado, foram alteradas apenas as saídas conhecidas para a esfera tecnológica, não havendo a inclusão de entradas ou saídas para o processo.



32. CRIANDO O PROCESSO “GERAÇÃO DE CALOR EVITADA (MADEIRA COMO COMBUSTÍVEL)”

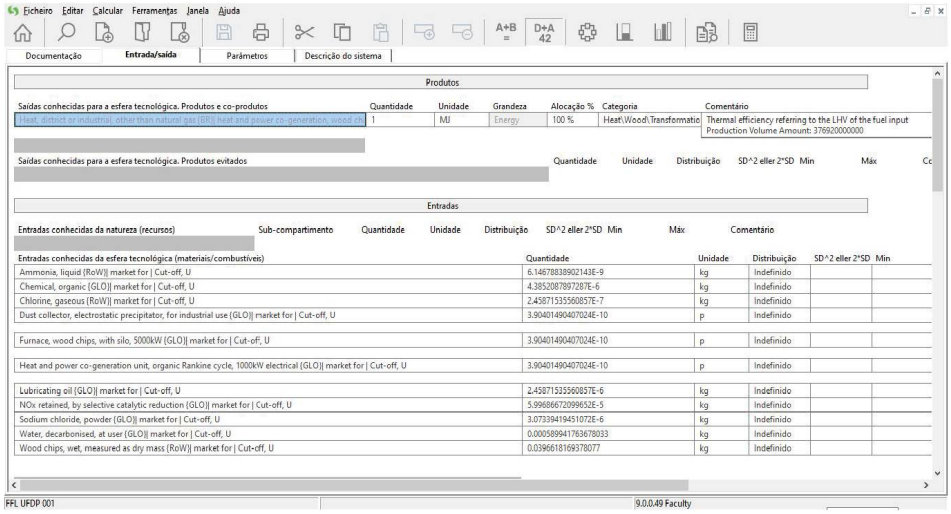
Para criar a “Produção de Madeira” foi escolhido um dos processos entre os existentes na Energy> Heat>Wood>Transformation.

Para fazer uma cópia do processo, deve-se selecionar o processo e clicar na tecla “Copiar”. A demanda ecológica do processo de produção foi “Heat, district or industrial, other than natural gas {BR}| heat and power co-generation, wood chips| Cut-off, U”



33. ENTRADAS E SAÍDAS DO PROCESSO “GERAÇÃO DE CALOR EVITADA” (MADEIRA COMO COMBUSTÍVEL).

Como este processo foi copiado, foram alteradas apenas as saídas conhecidas para a esfera tecnológica, não havendo a inclusão de entradas ou saídas para o processo.



Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Produtos

Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos e co-produtos	Quantidade	Unidade	Grandeza	Alocação %	Categoria	Comentário
Heat, district or industrial, other than natural gas {RER}| heat and power co-generation, wood chi	1	MJ	Energy	100 %	Heat\Wood\Transformatio	Thermal efficiency referring to the LHV of the fuel input Production Volume Amount: 376920000000

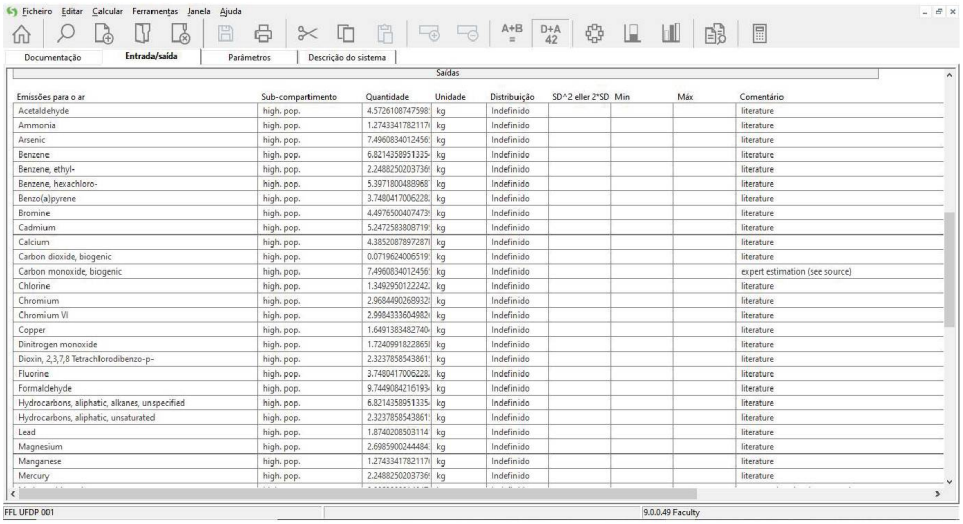
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos evitados	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Co

Entradas

Entradas conhecidas da natureza (recursos)	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário

Entradas conhecidas da esfera tecnológica (materiais/combustíveis)	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min
Ammonia, liquid {RoW}| market for | Cut-off, U	6.1467883890214 3E-9	kg	Indefinido		
Chemical, organic {GLO}| market for | Cut-off, U	4.385208789728 7E-6	kg	Indefinido		
Chlorine, gaseous {RoW}| market for | Cut-off, U	2.458715355608 57E-7	kg	Indefinido		
Dust collector, electrostatic precipitator, for industrial use {GLO}| market for | Cut-off, U	3.904014904070 24E-10	p	Indefinido		
Furnace, wood chips, with silo, 5000kW {GLO}| market for | Cut-off, U	3.904014904070 24E-10	p	Indefinido		
Heat and power co-generation unit, organic Rankine cycle, 1000kW electrical {GLO}| market for | Cut-off, U	3.904014904070 24E-10	p	Indefinido		
Lubricating oil {GLO}| market for | Cut-off, U	2.458715355608 57E-6	kg	Indefinido		
NOx retained, by selective catalytic reduction {GLO}| market for | Cut-off, U	5.996866720996 52E-5	kg	Indefinido		
Sodium chloride, powder {GLO}| market for | Cut-off, U	3.073394194510 72E-6	kg	Indefinido		
Water, decarbonised, at user {GLO}| market for | Cut-off, U	0.000589941763678033	kg	Indefinido		
Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW}| market for | Cut-off, U	0.039661816937807 7	kg	Indefinido		

FFL UFDP 001 | 9.0.0.49 Faculty



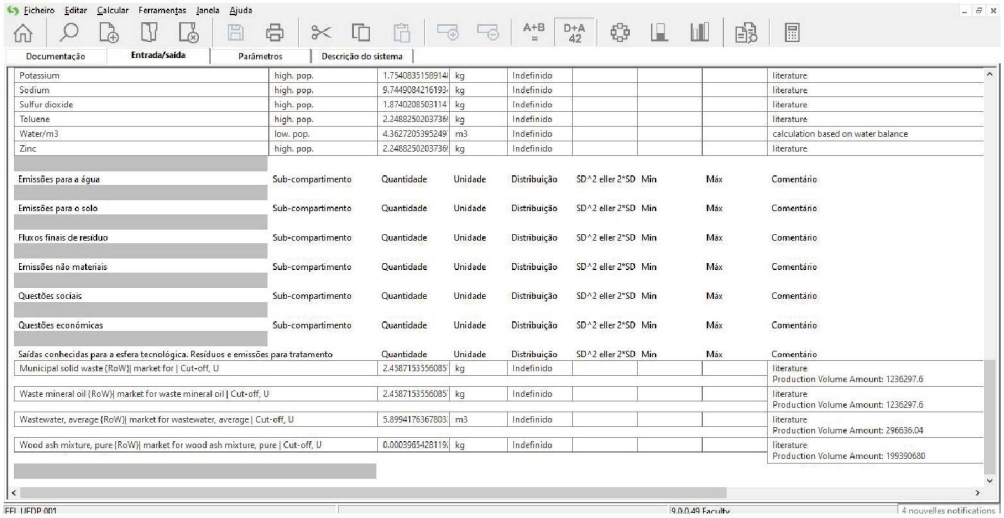
Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Saídas

Emissões para o ar	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
Acetaldehyde	high. pop.	4.572610874759 8	kg	Indefinido				literature
Ammonia	high. pop.	1.274334178211 7	kg	Indefinido				literature
Arsenic	high. pop.	7.496083401245 6	kg	Indefinido				literature
Benzene	high. pop.	6.821435895133 5-	kg	Indefinido				literature
Benzene, ethyl-	high. pop.	2.248825020373 6	kg	Indefinido				literature
Benzene, hexachloro-	high. pop.	5.397180048896 8	kg	Indefinido				literature
Benzo(a)pyrene	high. pop.	3.748041700622 8.	kg	Indefinido				literature
Bromine	high. pop.	4.497650040747 3	kg	Indefinido				literature
Cadmium	high. pop.	5.247258380871 9	kg	Indefinido				literature
Calcium	high. pop.	4.385208789728 7	kg	Indefinido				literature
Carbon dioxide, biogenic	high. pop.	0.071962400651 9	kg	Indefinido				literature
Carbon monoxide, biogenic	high. pop.	7.496083401245 6	kg	Indefinido				expert estimation (see source)
Chlorine	high. pop.	1.349295012224 2.	kg	Indefinido				literature
Chromium	high. pop.	2.968449026893 2	kg	Indefinido				literature
Chromium VI	high. pop.	2.998433360498 2	kg	Indefinido				literature
Copper	high. pop.	1.649138348274 0-	kg	Indefinido				literature
Dinitrogen monoxide	high. pop.	1.724099182286 5	kg	Indefinido				literature
Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	high. pop.	2.323785854386 1	kg	Indefinido				literature
Fluorine	high. pop.	3.748041700622 8.	kg	Indefinido				literature
Formaldehyde	high. pop.	9.744908421619 3-	kg	Indefinido				literature
Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	high. pop.	6.821435895133 5-	kg	Indefinido				literature
Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	high. pop.	2.323785854386 1	kg	Indefinido				literature
Lead	high. pop.	1.874020850311 4	kg	Indefinido				literature
Magnesium	high. pop.	2.698590024448 4	kg	Indefinido				literature
Manganese	high. pop.	1.274334178211 7	kg	Indefinido				literature
Mercury	high. pop.	2.248825020373 6	kg	Indefinido				literature

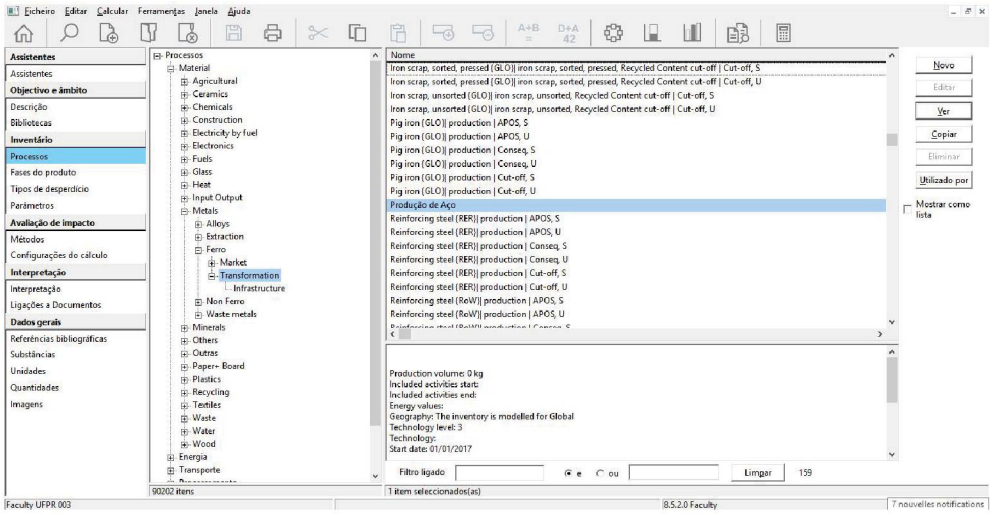
FFL UFDP 001 | 9.0.0.49 Faculty



34. CRIANDO O PROCESSO “PRODUÇÃO DE AÇO EVITADA”

Para criar a “Produção de Aço” foi escolhido um dos processos entre os existentes na Material>Metals>Ferro>Transformation.

Para fazer uma cópia do processo, deve-se selecionar o processo e clicar na tecla “Copiar”. A demanda ecológica do processo de produção escolhido foi “Steel, low-alloyed {RoW}|steel production, converter, low-alloyed| Cut-off, U”.



35. ENTRADAS E SAÍDAS DO PROCESSO “PRODUÇÃO DE AÇO”

Como este processo foi copiado, foram alteradas apenas as saídas conhecidas para a esfera tecnológica, não havendo a inclusão de entradas ou saídas para o processo.

Documentação | **Entrada/saída** | Parâmetros | Descrição do sistema

Produtos

Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos e co-produtos	Quantidade	Unidade	Grandeza	Alocação %	Tipo de resíduo	Categoria	Comentário
Steel, low-alloyed {RoW}| steel production, converter, low-alloyed | Cut-off, U	1	kg	Mass	100 %	Steel	Metals\...\Transformation	EcoSpoldI01Location=RER Production Volume Amount: 489266565000

Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos evitados	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Co

Entradas

Entradas conhecidas da natureza (recursos)	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
Water, cooling, unspecified natural origin, RoW	in water	0,0105149505427	m3	Sessão normal	1.2214			(2,3,5,5,1,na) Calculated based on literature, (Vionnet, S., Quantis Wa - Technical Report, 2012). It includes the three main tec processes: blast furnace, basic oxygen furnace and cast process boundary is given by the phisical boundary of t
Water, unspecified natural origin, RoW	in water	0,0024214345592	m3	Sessão normal	1.2214			(3,3,5,5,1,na) Based on literature, (Vionnet, S., Quantis Water Databas Report, 2012). It includes the three main technologies p blast furnace, basic oxygen furnace and casting. based on literature, (Vionnet, S., Quantis Water Databas Report, 2012). It includes the three main technologies p blast furnace, basic oxygen furnace and casting.

Entradas conhecidas da esfera tecnológica (materiais/combustíveis)	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min
Blast oxygen furnace converter {GLO}| market for | Cut-off, U	1,3333E-11	p	Sessão normal	2.936	
Coke {GLO}| market for | Cut-off, U	0,00025	MJ	Sessão normal	1.5296	
Dolomite {GLO}| market for | Cut-off, U	0,00275	kg	Sessão normal	1.5296	
Electricity, medium voltage {AU}| market for | Cut-off, U	0,000258587410151203	kWh	Sessão normal	1.5296	

Fechar

Documentação | **Entrada/saída** | Parâmetros | Descrição do sistema

Electricity, medium voltage {NZ}| market for electricity, medium voltage | Cut-off, U	5,00685585247722E-5	kWh	Sessão normal	1.5296	
Electricity, medium voltage {RAF}| market group for | Cut-off, U	0,000825853661247499	kWh	Sessão normal	1.5296	
Electricity, medium voltage {RAS}| market group for | Cut-off, U	0,0125276896159157	kWh	Sessão normal	1.5296	
Electricity, medium voltage {RLA}| market group for | Cut-off, U	0,00161624995265016	kWh	Sessão normal	1.5296	
Electricity, medium voltage {RNA}| market group for | Cut-off, U	0,00553267951596156	kWh	Sessão normal	1.5296	
Electricity, medium voltage {RoW}| market for | Cut-off, U	2,11793029396097E-6	kWh	Sessão normal	1.5296	
Electricity, medium voltage {RU}| market for | Cut-off, U	0,00113075935525 51	kWh	Sessão normal	1.5296	
Ferrochromium, high-carbon, 68% Cr {GLO}| market for | Cut-off, U	0,032853	kg	Sessão normal	1.521	
Ferromanganese, high-coal, 74.5% Mn {GLO}| market for | Cut-off, U	0,015278	kg	Sessão normal	1.0502	
Ferronickel, 25% Ni {GLO}| market for | Cut-off, U	0,045	kg	Sessão normal	1.521	
Iron ore, beneficiated, 65% Fe {GLO}| market for | Cut-off, U	0,022	kg	Sessão normal	1.521	
Iron scrap, sorted, pressed {GLO}| market for | Cut-off, U	0,12501	kg	Sessão normal	1.5296	
Molybdenite {GLO}| market for | Cut-off, U	0,00059649	kg	Sessão normal	1.0502	
Natural gas, high pressure {CA}| market group for | Cut-off, U	3,33104514912756E-5	m3	Sessão normal	1.5296	
Natural gas, high pressure {DZ}| market for natural gas, high pressure | Cut-off, U	1,45177897896212E-5	m3	Sessão normal	1.5296	
Natural gas, high pressure {JP}| market for | Cut-off, U	2,41680145273017E-5	m3	Sessão normal	1.5296	

Fechar

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Natural gas, high pressure {RoW}| market for | Cut-off, U	0.000555983136891178	m3	Sessão normal	1.5296	
Natural gas, high pressure {RU}| market for natural gas, high pressure | Cut-off, U	0.000136230999778955	m3	Sessão normal	1.5296	
Natural gas, high pressure {US}| market for | Cut-off, U	0.000197328069060128	m3	Sessão normal	1.5296	
Oxygen, liquid {RoW}| market for | Cut-off, U	0.07145	kg	Sessão normal	1.5296	
Pig iron {GLO}| market for | Cut-off, U	0.9	kg	Sessão normal	1.5296	
Quicklime, in pieces, loose {RoW}| market for quicklime, in pieces, loose | Cut-off, U	0.0425	kg	Sessão normal	1.5296	

Entradas conhecidas da esfera tecnológica (electricidade/calor)	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Mín	Máx	Comentário

Saídas

Emissões para o ar	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Mín	Máx	Comentário
Carbon dioxide, fossil		0.0756	kg	Sessão normal	1.5296			(2,3,5,5,1,na)
Carbon monoxide, fossil		0.00473	kg	Sessão normal	5.0151			(2,3,5,5,1,na)
Chromium		1.85E-7	kg	Sessão normal	5.0151			(2,3,5,5,1,na)
Copper		2.5E-8	kg	Sessão normal	5.0151			(2,3,5,5,1,na)
Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-		3.05E-14	kg	Sessão normal	2.9905			(2,3,5,5,1,na)
Lead		5.15E-7	kg	Sessão normal	5.0151			(2,3,5,5,1,na)
Manganese		6.05E-7	kg	Sessão normal	5.0151			(2,3,5,5,1,na)
Nitrogen oxides		1.25E-5	kg	Sessão normal	1.4918			(2,3,5,5,1,na)
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons		1.2E-10	kg	Sessão normal	2.9905			(2,3,5,5,1,na)
Particulates, < 2.5 um		4.75E-5	kg	Sessão normal	2.9905			(2,3,5,5,1,na)
Water/m3		0.0061184085870	m3	Sessão normal	1.4918			(2,2,5,5,1,na) Calculated value based on literature values and expert comments in the parametres' comment field.

Fechar

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons		1.2E-10	kg	Sessão normal	2.9905			(2,3,5,5,1,na)
Particulates, < 2.5 um		4.75E-5	kg	Sessão normal	2.9905			(2,3,5,5,1,na)
Water/m3		0.0061184085870	m3	Sessão normal	1.4918			(2,2,5,5,1,na) Calculated value based on literature values and expert comments in the parametres' comment field.

Emissões para a água	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Mín	Máx	Comentário
Water, RoW		0.0068179765149	m3	Sessão normal	1.4918			(2,2,5,5,1,na) Calculated value based on literature values and expert comments in the parametres' comment field.

Emissões para o solo	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Mín	Máx	Comentário

Fluxos finais de resíduo	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Mín	Máx	Comentário

Emissões não materiais	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Mín	Máx	Comentário

Questões sociais	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Mín	Máx	Comentário

Questões económicas	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Mín	Máx	Comentário

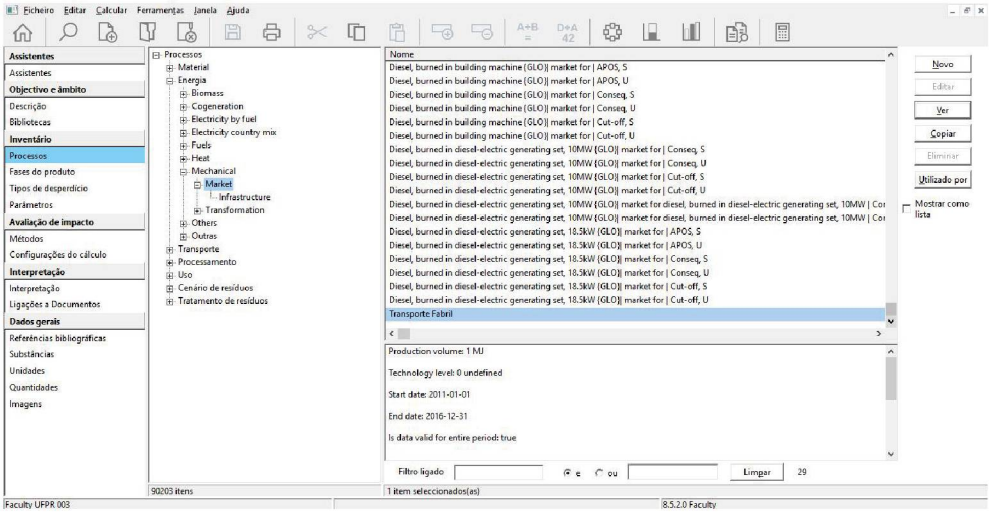
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Resíduos e emissões para tratamento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Mín	Máx	Comentário
Basic oxygen furnace waste {GLO}| market for | Cut-off, U	0.032077	kg	Sessão normal	1.521			(1,1,5,5,1,na) EcoSpold01Location=CH composite Production Volume Amount: 15694203605.505
Dust, unalloyed electric arc furnace steel {GLO}| market for | Cut-off, U	0.0010625	kg	Sessão normal	1.5296			(2,3,5,5,1,na) EcoSpold01Location=CH Production Volume Amount: 519845725.3125
Inert waste, for final disposal {RoW}| market for inert waste, for final disposal | Cut-off, U	0.0029	kg	Sessão normal	1.5296			(2,3,5,5,1,na) EcoSpold01Location=CH Production Volume Amount: 1418873038.5

Fechar

36. CRIANDO O PROCESSO “TRANSPORTE FABRIL”

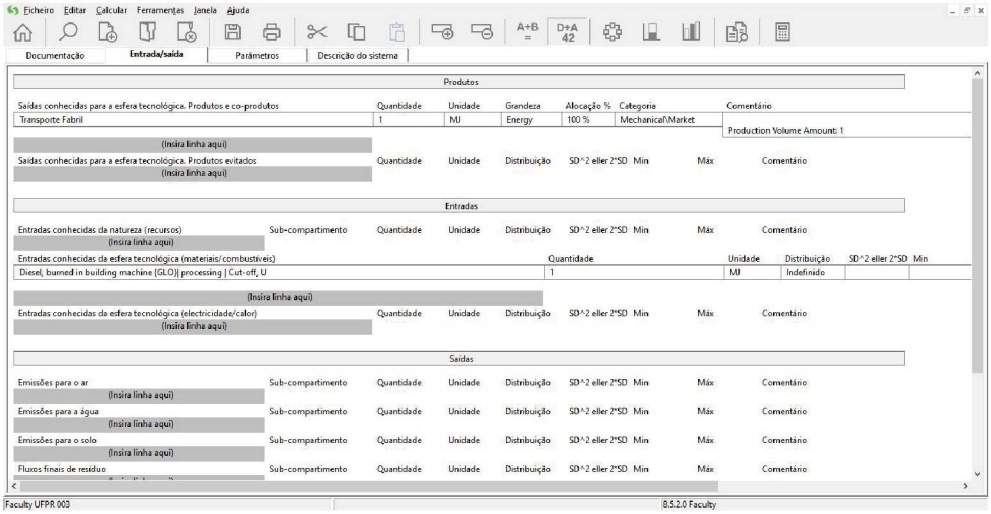
Para criar o “Transporte Fabril”, foi escolhido um dos processos entre os existentes na categoria Energia > Mechanical > Market para fazer uma cópia.

Para fazer uma cópia do processo, deve-se selecionar o processo e clicar na tecla “Copiar”. A demanda energética do processo de produção foi “Diesel, burned in building machine {GLO}| Market for | Cut-off, U”.



37. ENTRADAS E SAÍDAS DO PROCESSO "TRANSPORTE FABRIL"

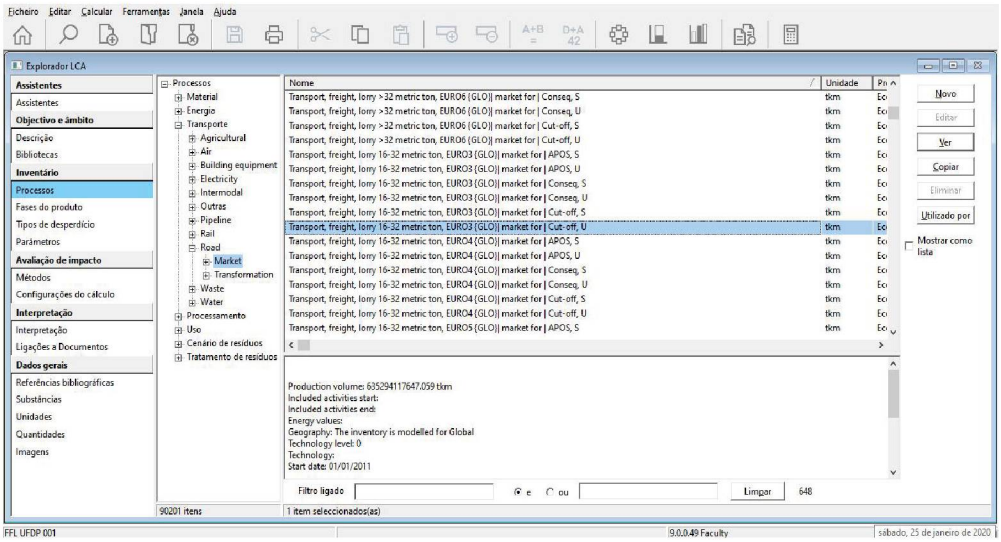
Como este processo foi copiado, foram alteradas apenas as saídas conhecidas para a esfera tecnológica, não havendo a inclusão de entradas ou saídas para o processo.



38. ESCOLHA DO PROCESSO "TRANSPORTE DE DISTRIBUIÇÃO"

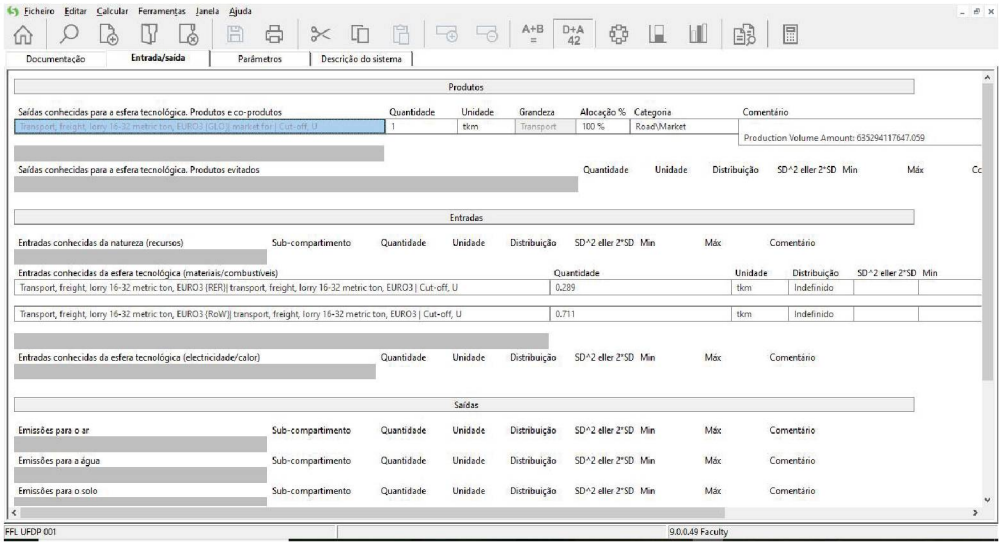
Para criar o "Transporte de Distribuição" foi escolhido um dos processos entre os existentes na categoria Transporte > Road> Market> Infrastructure para fazer uma cópia.

Para fazer uma cópia do processo, deve-se selecionar o processo e clicar na tecla "Copiar". O processo de transporte escolhido foi "Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {GLO}| market for | Cut-off, U".



39. ENTRADAS E SAÍDAS DO PROCESSO "TRANSPORTE DE DISTRIBUIÇÃO"

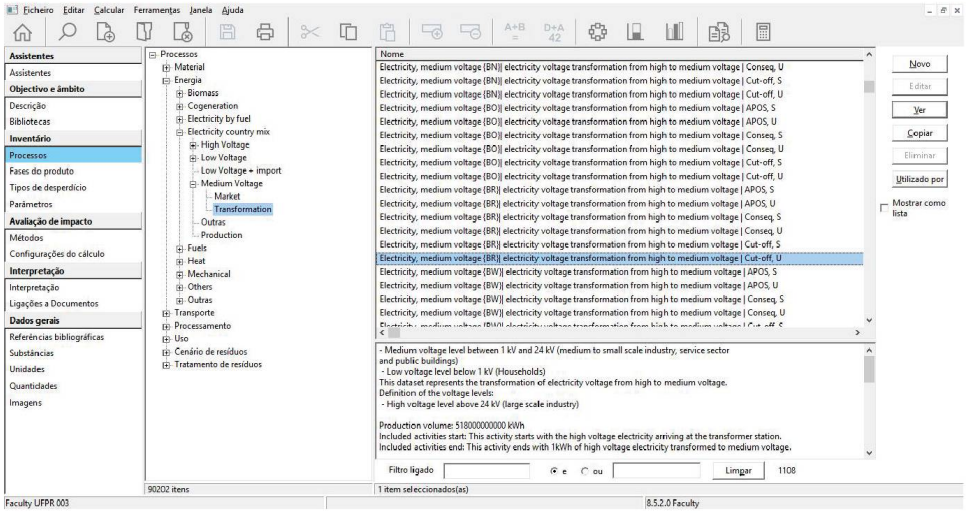
Como este processo foi copiado, foram alteradas apenas as saídas conhecidas para a esfera tecnológica, não havendo a inclusão de entradas ou saídas para o processo.



40. ESCOLHA DO PROCESSO “BRITAGEM (ENERGIA ELÉTRICA)”

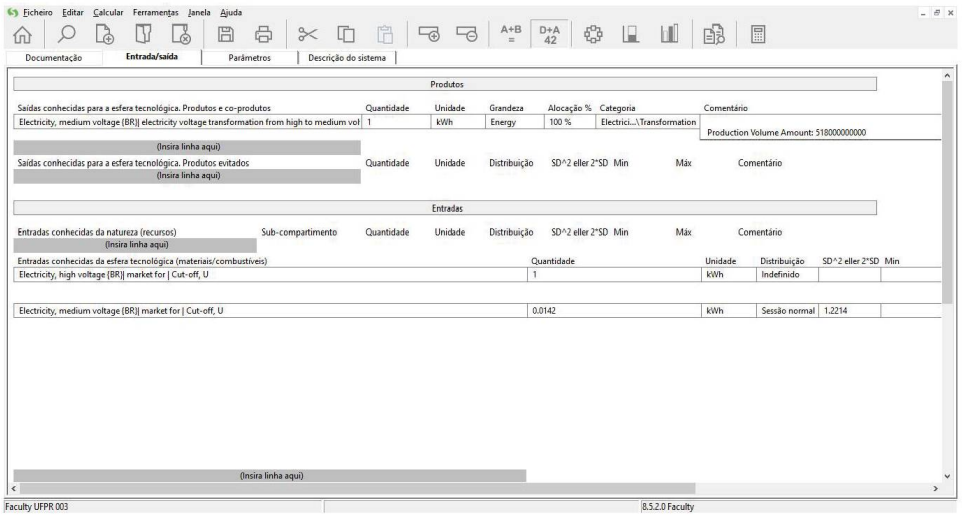
Para criar o “Britagem” foi escolhido um dos processos entre os existentes na categoria Energia > Electricity country mix> Medium Voltage> Transformation

O processo de fornecimento de energia escolhido foi “Electricity, medium voltage {BR}| electricity voltage transformation from high to medium voltage | Cut-off, U”.



41. ENTRADAS E SAÍDAS DO PROCESSO USO DE ENERGIA (BRITAGEM)”

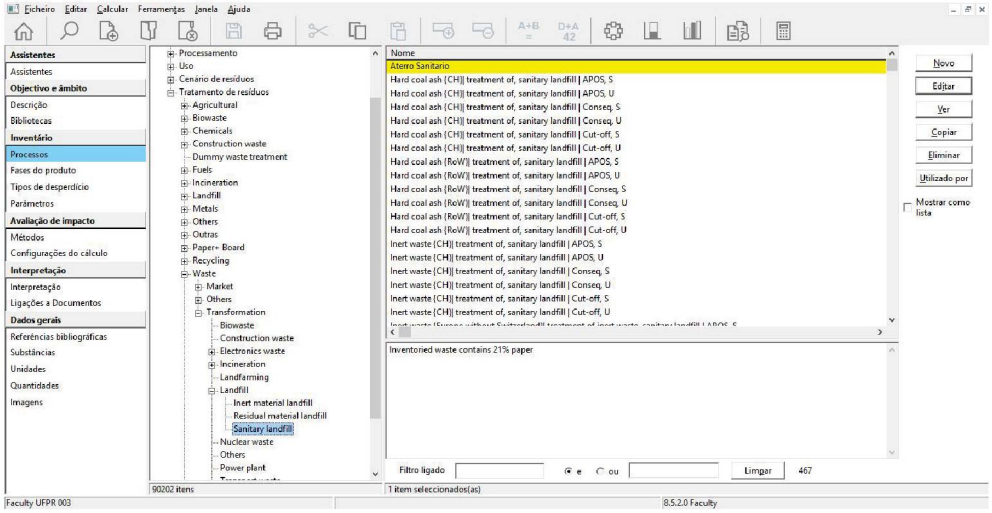
Neste processo não houve a inclusão de entradas ou saídas. O processo se manteve igual ao original.



42. ESCOLHA DO PROCESSO “ATERRO SANITÁRIO”

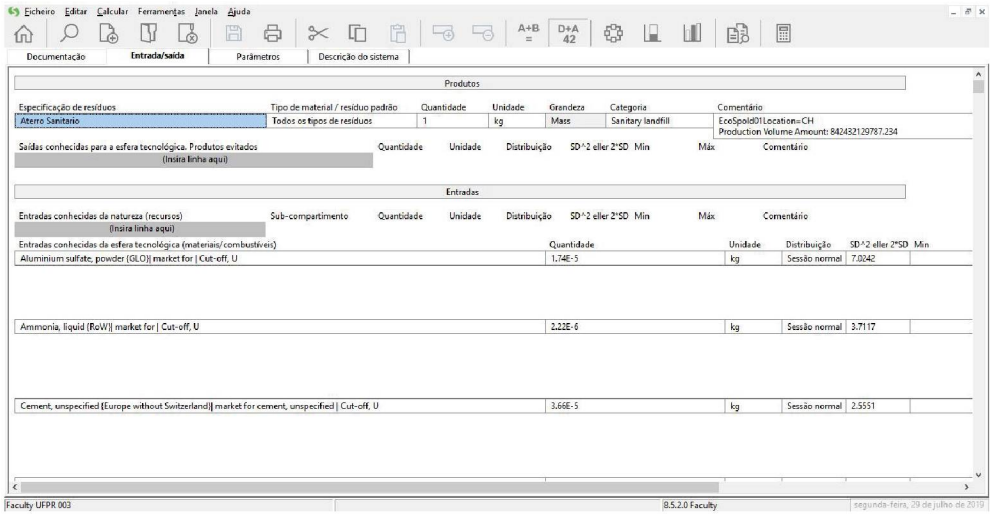
Para criar o “Aterro Sanitário” foi escolhido um dos processos entre os existentes na categoria Tratamento de resíduos > Waste> Transformation> Landfill> Sanitary landfill para fazer uma cópia.

Para fazer uma cópia do processo, deve-se selecionar o processo e clicar na tecla “Copiar”. O processo escolhido foi “Inert waste {RoW}| treatment of, sanitary landfill | Cut-off, U”.



43. ENTRADAS E SAÍDAS DO PROCESSO “ATERRO SANITÁRIO”

Como este processo foi copiado, foram alteradas apenas as saídas conhecidas para a esfera tecnológica, não havendo a inclusão de entradas ou saídas para o processo.



Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Electricity, high voltage {Europe without Switzerland}| market group for | Cut-off, U	5.34315761390897E-5	kWh	Sessão normal	3.1548
Electricity, high voltage {NZ}| market for electricity, high voltage | Cut-off, U	6.43658298175606E-7	kWh	Sessão normal	3.1548
Electricity, high voltage {RAF}| market group for | Cut-off, U	1.07130131603573E-5	kWh	Sessão normal	3.1548
Electricity, high voltage {RAS}| market group for | Cut-off, U	0.000161280519338922	kWh	Sessão normal	3.1548
Electricity, high voltage {RLA}| market group for | Cut-off, U	2.10261687008509E-5	kWh	Sessão normal	3.1548

Faculty UFPR 003 | 8.5.2.0 Faculty

Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Electricity, high voltage {RoW}| market for | Cut-off, U	3.34234868046053E-8	kWh	Sessão normal	3.1548
Electricity, high voltage {RU}| market for | Cut-off, U	1.46073971450093E-5	kWh	Sessão normal	3.1548
Electricity, high voltage {US}| market group for | Cut-off, U	6.16792200076427E-5	kWh	Sessão normal	3.1548
Electricity, low voltage {AU}| market for | Cut-off, U	8.61004781258435E-5	kWh	Sessão normal	2.4459
Electricity, low voltage {Canada without Quebec}| market group for | Cut-off, U	0.000161302524515801	kWh	Sessão normal	2.4459
Electricity, low voltage {Europe without Switzerland}| market group for | Cut-off, U	0.00148412274731341	kWh	Sessão normal	2.4459

Faculty UFPR 003 | 8.5.2.0 Faculty

Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland}| market for heat, district or industrial, natural gas | Cut-off, U	0.000326687233268914	MJ	Sessão normal	3.7117
Heat, district or industrial, natural gas {RoW}| market for heat, district or industrial, natural gas | Cut-off, U	0.000615552766731086	MJ	Sessão normal	3.7117
Heat, district or industrial, other than natural gas {Europe without Switzerland}| market for heat, district or industrial, other than natural gas	5.25715496835045E-5	MJ	Sessão normal	2.2255
Heat, district or industrial, other than natural gas {RoW}| market for | Cut-off, U	0.001887428450316 5	MJ	Sessão normal	2.2255
Hydrochloric acid, without water, in 30% solution state {RoW}| market for | Cut-off, U	4.03E-9	kg	Sessão normal	5.3937

Faculty UFPR 003 | 8.5.2.0 Faculty

Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Iron (III) chloride, without water, in 40% solution state {GLO}| market for | Cut-off, U	8.81E-5	kg	Sessão normal	7.3891
Iron sulfate {GLO}| market for | Cut-off, U	6.43E-5	kg	Sessão normal	7.0242
Municipal waste incineration facility {RoW}| market for municipal waste incineration facility | Cut-off, U	5.8E-13	p	Sessão normal	2.2255
Process-specific burden, sanitary landfill {RoW}| market for process-specific burden, sanitary landfill | Cut-off, U	1	kg	Sessão normal	1.521
Process-specific burdens, municipal waste incineration {Europe without Switzerland}| market for process-specific burdens, municipal wast	0.00232	kg	Sessão normal	2.2255
Process-specific burdens, residual material landfill {Europe without Switzerland}| market for process-specific burdens, residual material lan	9.15E-5	kg	Sessão normal	2.5551
Process-specific burdens, slag landfill {Europe without Switzerland}| market for process-specific burdens, slag landfill | Cut-off, U	0.000753	kg	Sessão normal	2.8815

Faculty UFPR 003 | 8.5.2.0 Faculty

Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Quicklime, milled, packed {GLO}| market for | Cut-off, U	2.39E-8	kg	Sessão normal	2.9905
Residual material landfill {RoW}| market for residual material landfill | Cut-off, U	1.91E-13	p	Sessão normal	2.5551
Sanitary landfill facility {GLO}| market for | Cut-off, U	5.56E-10	p	Sessão normal	1.521
Sewer grid, 5E9l/year, 110 km {RoW}| market for sewer grid, 5E9l/year, 110 km | Cut-off, U	5.45E-10	km	Sessão normal	1.0502
Slag landfill {RoW}| market for slag landfill | Cut-off, U	1.34E-12	p	Sessão normal	2.8815
Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state {GLO}| market for | Cut-off, U	1.32E-7	kg	Sessão normal	2.9905

Faculty UFPR 003 | 8.5.2.0 Faculty

Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Titanium dioxide {RoW}| market for | Cut-off, U	6.35E-8	kg	Sessão normal	5.1401
Wastewater treatment facility, capacity 5E9l/year {RoW}| market for wastewater treatment facility, capacity 5E9l/year | Cut-off, U	1.42E-11	p	Sessão normal	1.0502
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {GLO}| market for | Cut-off, U	0.26	tkm	Indefinido	

(Insira linha aqui)

Entradas conhecidas da esfera tecnológica (electricidade/calor)	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)							

Saídas

Emissões para o ar	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
Aluminium	low. pop.	2.4E-8	kg	Sessão normal	14.8522			(1,1,5,5,1,na) burden from direct release or incineration of landfill bio Uncertainty calculated from unertainty of the waste co this waste, uncertainty in waste decomposition and sho leaching in sanitary landfill
Aluminium	high. pop.	1.45E-7	kg	Sessão normal	5.5871			(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Ammonia	high. pop.	1.41E-6	kg	Sessão normal	3.2649			(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste

Faculty UFPR 003 | 8.5.2.0 Faculty

Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

							leaching in sanitary landfill
Carbon dioxide, biogenic	high. pop.	0.0045	kg	Sessão normal	4.0552		(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Carbon dioxide, biogenic	low. pop.	0.135	kg	Sessão normal	1.9993		(1,1,5,5,1,na) burden from direct release or incineration of landfill bio Uncertainty calculated from unertainty of the waste co this waste, uncertainty in waste decomposition and sho leaching in sanitary landfill
Carbon dioxide, fossil	high. pop.	0.000205	kg	Sessão normal	4.0552		(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Carbon dioxide, fossil	low. pop.	0.00615	kg	Sessão normal	1.9993		(1,1,5,5,1,na) burden from direct release or incineration of landfill bio Uncertainty calculated from unertainty of the waste co this waste, uncertainty in waste decomposition and sho leaching in sanitary landfill
Carbon monoxide, biogenic	high. pop.	3.17E-6	kg	Sessão normal	3.8253		(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Carbon monoxide, biogenic	low. pop.	7.63E-6	kg	Sessão normal	5.7177		(1,1,5,5,1,na) burden from direct release or incineration of landfill bio Uncertainty calculated from unertainty of the waste co this waste, uncertainty in waste decomposition and sho leaching in sanitary landfill
Carbon monoxide, fossil	high. pop.	1.45E-7	kg	Sessão normal	3.8253		(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.

Faculty UFPR 003 | 8.5.2.0 Faculty

Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Chromium	high. pop.	1.23E-14	kg	Sessão normal	12.1581		(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Chromium	low. pop.	8.43E-11	kg	Sessão normal	24.2272		(1,1,5,5,1,na) burden from direct release or incineration of landfill bio Uncertainty calculated from unertainty of the waste co this waste, uncertainty in waste decomposition and sho leaching in sanitary landfill
Cobalt	high. pop.	1.82E-15	kg	Sessão normal	14.5242		(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Cobalt	low. pop.	2.9E-11	kg	Sessão normal	26.5823		(1,1,5,5,1,na) burden from direct release or incineration of landfill bio Uncertainty calculated from unertainty of the waste co this waste, uncertainty in waste decomposition and sho leaching in sanitary landfill
Copper	high. pop.	1.59E-12	kg	Sessão normal	11.9644		(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Copper	low. pop.	8.32E-11	kg	Sessão normal	24.0755		(1,1,5,5,1,na) burden from direct release or incineration of landfill bio Uncertainty calculated from unertainty of the waste co this waste, uncertainty in waste decomposition and sho leaching in sanitary landfill
Cyanide	high. pop.	3.95E-8	kg	Sessão normal	3.8253		(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Dinitrogen monoxide	high. pop.	3.88E-6	kg	Sessão normal	2.9305		(1,1,5,5,1,na)

Faculty UFPR 003 | 8.5.2.0 Faculty

Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

							this waste, uncertainty in waste decomposition and sho leaching in sanitary landfill
Methane, biogenic	high. pop.	8.81E-6	kg	Sessão normal	4.3479		(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Methane, biogenic	low. pop.	0.0206	kg	Sessão normal	2.2255		(1,1,5,5,1,na) burden from direct release or incineration of landfill bio Uncertainty calculated from unertainty of the waste co this waste, uncertainty in waste decomposition and sho leaching in sanitary landfill
Methane, fossil	high. pop.	4.08E-7	kg	Sessão normal	4.3479		(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Methane, fossil	low. pop.	0.000944	kg	Sessão normal	2.2255		(1,1,5,5,1,na) burden from direct release or incineration of landfill bio Uncertainty calculated from unertainty of the waste co this waste, uncertainty in waste decomposition and sho leaching in sanitary landfill
Molybdenum	low. pop.	1.41E-11	kg	Sessão normal	28.2377		(1,1,5,5,1,na) burden from direct release or incineration of landfill bio Uncertainty calculated from unertainty of the waste co this waste, uncertainty in waste decomposition and sho leaching in sanitary landfill
Molybdenum	high. pop.	5.55E-11	kg	Sessão normal	14.2008		(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Nickel	low. pop.	9.6E-11	kg	Sessão normal	24.0755		(1,1,5,5,1,na) burden from direct release or incineration of landfill bio Uncertainty calculated from unertainty of the waste co this waste, uncertainty in waste decomposition and sho

Faculty UFPR 003 | 8.5.2.0 Faculty

Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Nitrogen oxides	high. pop.	1.37E-5	kg	Sessão normal	3.2097			(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Nitrogen oxides	low. pop.	4.07E-7	kg	Sessão normal	5.9159			(1,1,5,5,1,na) burden from direct release or incineration of landfill bio Uncertainty calculated from unertainty of the waste co this waste, uncertainty in waste decomposition and sho leaching in sanitary landfill
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecifiec	high. pop.	4.18E-8	kg	Sessão normal	5.0151			(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecifiec	low. pop.	1.51E-7	kg	Sessão normal	2.2255			(1,1,5,5,1,na) burden from direct release or incineration of landfill bio Uncertainty calculated from unertainty of the waste co this waste, uncertainty in waste decomposition and sho leaching in sanitary landfill
Particulates, < 2.5 um	low. pop.	2.68E-6	kg	Sessão normal	3.6552			(1,1,5,5,1,na) burden from direct release or incineration of landfill bio Uncertainty calculated from unertainty of the waste co this waste, uncertainty in waste decomposition and sho leaching in sanitary landfill
Phosphorus	high. pop.	8.6E-9	kg	Sessão normal	7.5376			(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Potassium	low. pop.	1.07E-7	kg	Sessão normal	12.5513			(1,1,5,5,1,na) burden from direct release or incineration of landfill bio Uncertainty calculated from unertainty of the waste co this waste, uncertainty in waste decomposition and sho leaching in sanitary landfill

Faculty UFPR 003 | 8.5.2.0 Faculty

Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

(Insira linha aqui)

Emissões para a água	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
Aluminium	groundwater, long-term	0.0124	kg	Sessão normal	3.2097			(1,1,5,5,1,na) Emissions from long-term leachate (>100a) directly fro landfill and indirectly via incineration of treatement slu leachate treatement. Uncertainty calculated depending input and uncertainty of long-term transfer coefficents
Aluminium	river	5.76E-6	kg	Sessão normal	5.6522			(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Ammonium, ion	river	0.000763	kg	Sessão normal	3.3201			(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Ammonium, ion	groundwater, long-term	0.000631	kg	Sessão normal	4.2301			(1,1,5,5,1,na) Emissions from long-term leachate (>100a) directly fro landfill and indirectly via incineration of treatement slu leachate treatement. Uncertainty calculated depending input and uncertainty of long-term transfer coefficents
Antimony	river	8.76E-8	kg	Sessão normal	12.4523			(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Antimony	groundwater, long-term	2.29E-6	kg	Sessão normal	23.0318			(1,1,5,5,1,na) Emissions from long-term leachate (>100a) directly fro landfill and indirectly via incineration of treatement slu leachate treatement. Uncertainty calculated depending input and uncertainty of long-term transfer coefficents
Arsenic	river	2.65E-8	kg	Sessão normal	14.8522			(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on

Faculty UFPR 003 | 8.5.2.0 Faculty

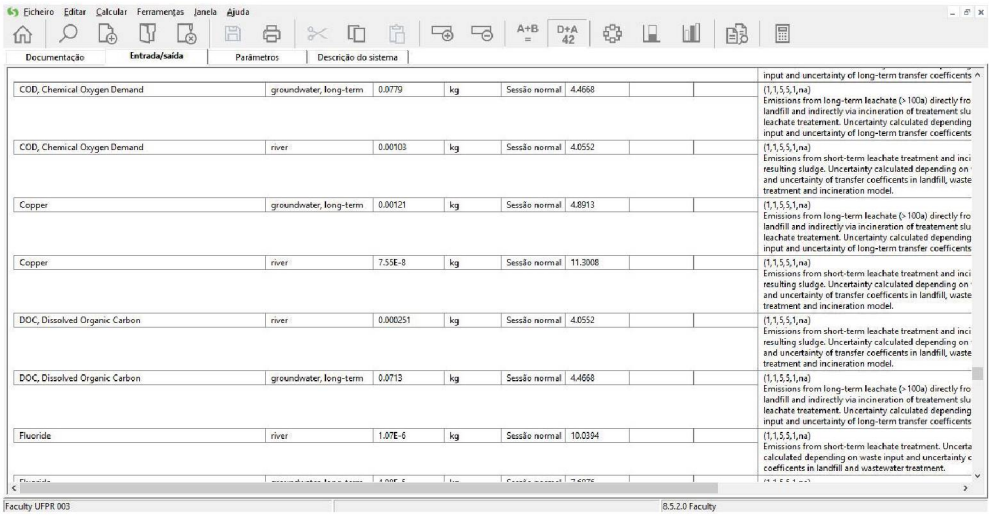
Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

BOD5, Biological Oxygen Demand	river	0.000825	kg	Sessão normal	4.0552			(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
BOD5, Biological Oxygen Demand	groundwater, long-term	0.0185	kg	Sessão normal	4.4668			(1,1,5,5,1,na) Emissions from long-term leachate (>100a) directly fro landfill and indirectly via incineration of treatement slu leachate treatement. Uncertainty calculated depending input and uncertainty of long-term transfer coefficents
Boron	river	4.2E-6	kg	Sessão normal	9.8661			(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Boron	groundwater, long-term	2.34E-6	kg	Sessão normal	10.1266			(1,1,5,5,1,na) Emissions from long-term leachate (>100a) directly fro landfill and indirectly via incineration of treatement slu leachate treatement. Uncertainty calculated depending input and uncertainty of long-term transfer coefficents
Bromine	river	1.69E-6	kg	Sessão normal	10.0894			(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment. Uncerta calculated depending on waste input and uncertainty c coefficents in landfill and wastewater treatment.
Bromine	groundwater, long-term	1.18E-5	kg	Sessão normal	9.1899			(1,1,5,5,1,na) Emissions from long-term leachate (>100a) directly fro landfill and indirectly via incineration of treatement slu leachate treatement. Uncertainty calculated depending input and uncertainty of long-term transfer coefficents
Cadmium	river	7.08E-8	kg	Sessão normal	12.4523			(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Cadmium	groundwater, long-term	1.16E-5	kg	Sessão normal	9.3565			(1,1,5,5,1,na)

VIVO-A8E0
Accès Internet
Réseau 2

Faculty UFPR 003 | 8.5.2.0 Faculty

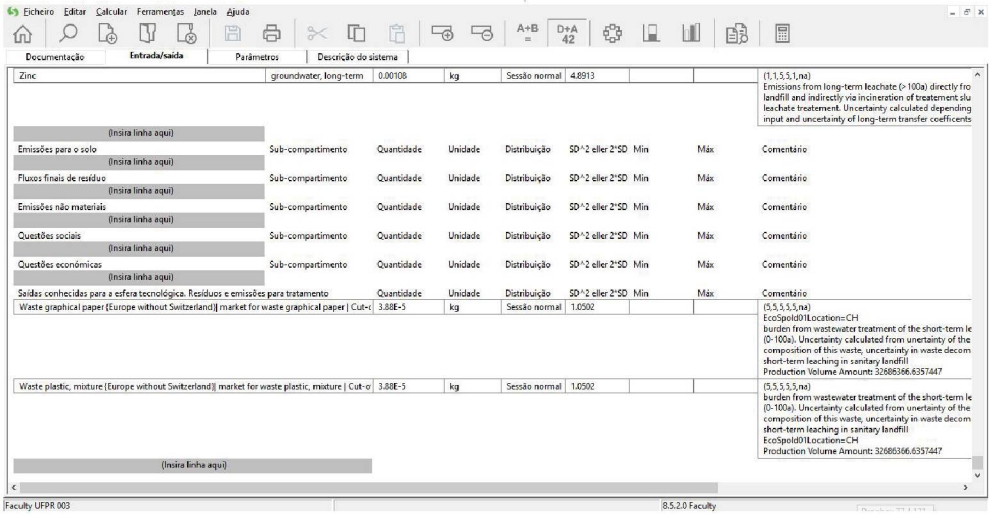


Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

							input and uncertainty of long-term transfer coefficents
COD, Chemical Oxygen Demand	groundwater, long-term	0.0779	kg	Sessão normal	4.4668		(1,1,5,5,1,na) Emissions from long-term leachate (>100a) directly fro landfill and indirectly via incineration of treatement slu leachate treatement. Uncertainty calculated depending input and uncertainty of long-term transfer coefficents
COD, Chemical Oxygen Demand	river	0.00103	kg	Sessão normal	4.0552		(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
Copper	groundwater, long-term	0.00121	kg	Sessão normal	4.8913		(1,1,5,5,1,na) Emissions from long-term leachate (>100a) directly fro landfill and indirectly via incineration of treatement slu leachate treatement. Uncertainty calculated depending input and uncertainty of long-term transfer coefficents
Copper	river	7.55E-8	kg	Sessão normal	11.3008		(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
DOC, Dissolved Organic Carbon	river	0.000251	kg	Sessão normal	4.0552		(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment and inci resulting sludge. Uncertainty calculated depending on and uncertainty of transfer coefficents in landfill, waste treatment and incineration model.
DOC, Dissolved Organic Carbon	groundwater, long-term	0.0713	kg	Sessão normal	4.4668		(1,1,5,5,1,na) Emissions from long-term leachate (>100a) directly fro landfill and indirectly via incineration of treatement slu leachate treatement. Uncertainty calculated depending input and uncertainty of long-term transfer coefficents
Fluoride	river	1.07E-6	kg	Sessão normal	10.0394		(1,1,5,5,1,na) Emissions from short-term leachate treatment. Uncerta calculated depending on waste input and uncertainty c coefficents in landfill and wastewater treatment.

Faculty UFPR 003 | 8.5.2.0 Faculty



Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

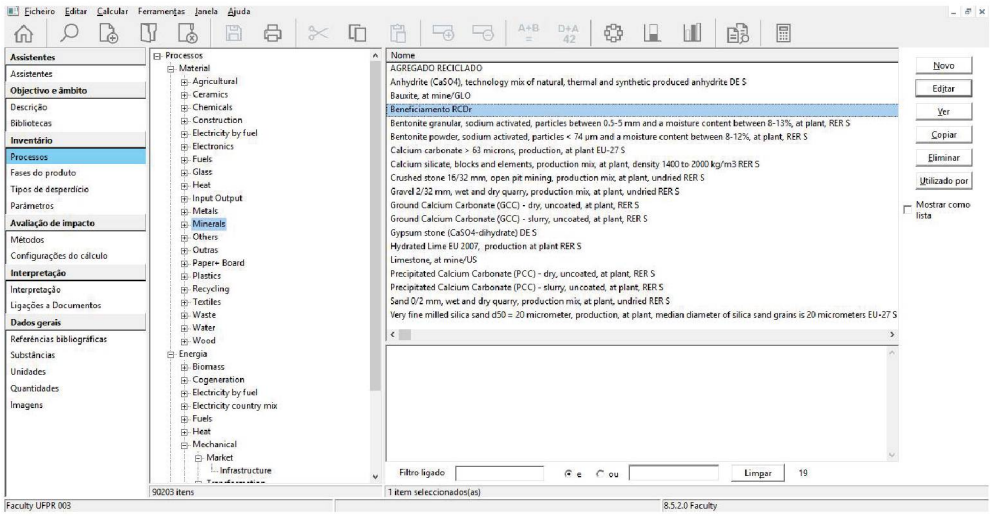
Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Zinc	groundwater, long-term	0.00108	kg	Sessão normal	4.8913			(1,1,5,5,1,na) Emissions from long-term leachate (>100a) directly fro landfill and indirectly via incineration of treatement slu leachate treatement. Uncertainty calculated depending input and uncertainty of long-term transfer coefficents
(Insira linha aqui)								
Emissões para o solo	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Mín	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Fluxos finais de resíduo	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Mín	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Emissões não materiais	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Mín	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Questões sociais	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Mín	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Questões económicas	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Mín	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Resíduos e emissões para tratamento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Mín	Máx	Comentário	
Waste graphical paper {Europe without Switzerland}| market for waste graphical paper | Cut-(	3.88E-5	kg	Sessão normal	1.0502				(5,5,5,5,5,na) EcoSpold01Location=CH burden from wastewater treatment of the short-term le (0-100a). Uncertainty calculated from unertainty of the composition of this waste, uncertainty in waste decom short-term leaching in sanitary landfill Production Volume Amount: 32686366.6357447
Waste plastic, mixture {Europe without Switzerland}| market for waste plastic, mixture | Cut-o	3.88E-5	kg	Sessão normal	1.0502				(5,5,5,5,5,na) burden from wastewater treatment of the short-term le (0-100a). Uncertainty calculated from unertainty of the composition of this waste, uncertainty in waste decom short-term leaching in sanitary landfill EcoSpold01Location=CH Production Volume Amount: 32686366.6357447
(Insira linha aqui)								

Faculty UFPR 003 | 8.5.2.0 Faculty

44. CRIANDO O PROCESSO DE “BENEFICIAMENTO DE RCDr”

Para criar o processo “Beneficiamento de RCDr”, deve-se selecionar a categoria “Material” e em seguida “Mineral”. Para criar este processo, deve-se clicar em “Novo”.



45. ENTRADAS E SAÍDAS DO PROCESSO “BENEFICIAMENTO DE RCDr”

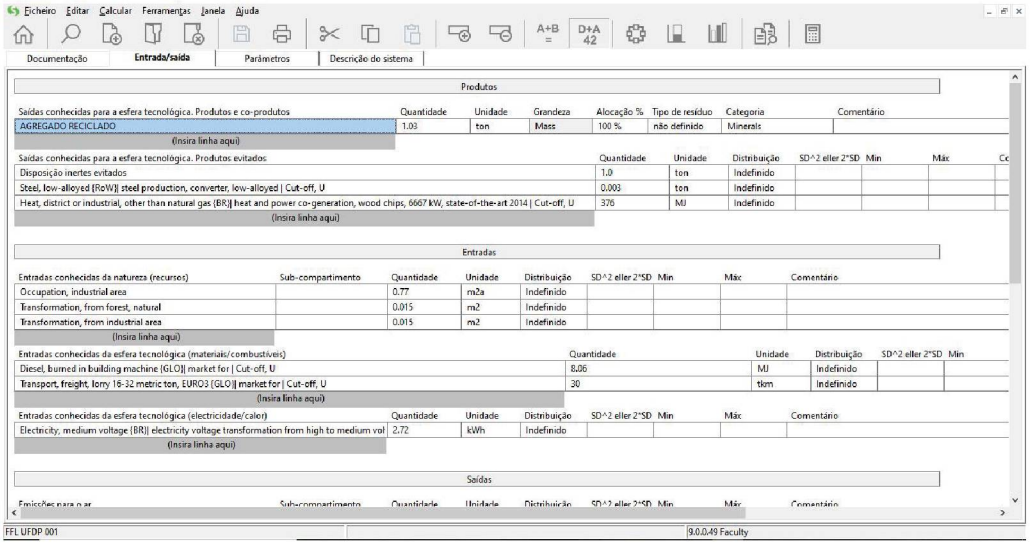
Na próxima janela que será aberta, devem-se completar as entradas e saídas do processo que esta sendo criado. Para entrar com os dados necessários ao processo, deve-se clicar duas vezes na linha, adicionar o conteúdo, escolher as matérias primas ou os processos.

Neste caso, as saídas conhecidas para a esfera tecnológicas são os produtos originados do processo.

Estes produtos podem ser evitados, como no caso de Disposição de Inertes, Produção de Madeira e Produção de Aço.

As entradas conhecidas da natureza referem-se aos recursos utilizados. Foram contabilizadas a ocupação da área industrial, transformação da área industrial e transformação da vegetação nativa que ocupava a área anteriormente. Já as entradas conhecidas da esfera tecnológica, referem-se aos materiais e combustíveis utilizados. O transporte fabril, o transporte de distribuição e a britagem do resíduo foram contabilizados.

Por fim, também foram incluídos as emissões de material particulado e gases relacionados ao processo de “Beneficiamento do RCDr”.



Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Produtos

Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos e co-produtos	Quantidade	Unidade	Grandeza	Alocação %	Tipo de resíduo	Categoria	Comentário
AGREGADO RECICLADO	1.03	ton	Mass	100 %	não definido	Minerals	
(Insira linha aqui)							

Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos evitados	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Co
Disposição inertes evitados	1.0	ton	Indefinido				
Steel, low-alloyed {RoW}| steel production, converter, low-alloyed | Cut-off, U	0.003	ton	Indefinido				
Heat, district or industrial, other than natural gas {BR}| heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014 | Cut-off, U	376	MJ	Indefinido				
(Insira linha aqui)							

Entradas

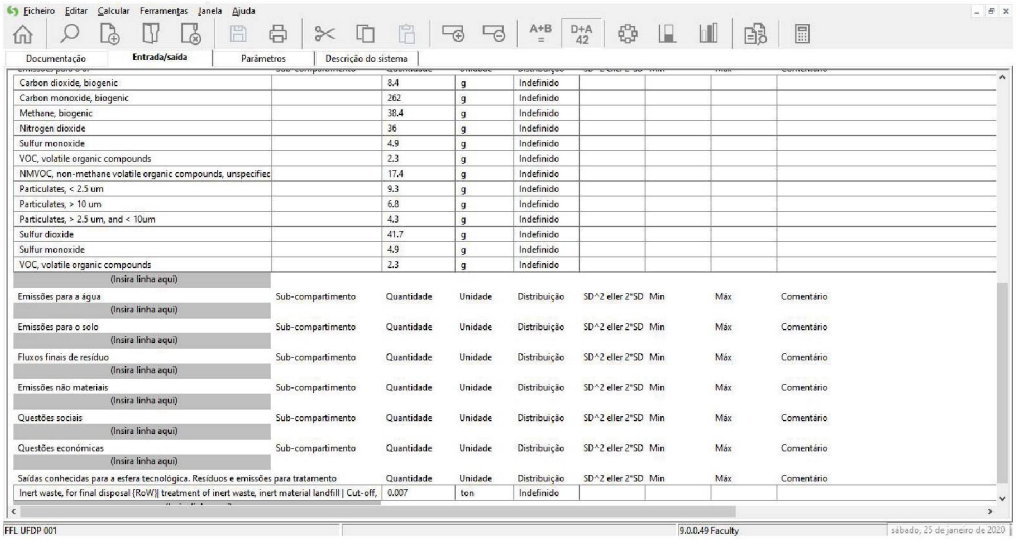
Entradas conhecidas da natureza (recursos)	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
Occupation, industrial area		0.77	m2a	Indefinido				
Transformation, from forest, natural		0.015	m2	Indefinido				
Transformation, from industrial area		0.015	m2	Indefinido				
(Insira linha aqui)								

Entradas conhecidas da esfera tecnológica (materiais/combustíveis)	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min
Diesel, burned in building machine {GLO}| market for | Cut-off, U	8.06	MJ	Indefinido		
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {GLO}| market for | Cut-off, U	30	tkm	Indefinido		
(Insira linha aqui)					

Entradas conhecidas da esfera tecnológica (electricidade/calor)	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
Electricity, medium voltage {BR}| electricity voltage transformation from high to medium vol	2.72	kWh	Indefinido				
(Insira linha aqui)							

Saídas

FFL UFDP 001 | 9.0.0.49 Faculty



Ficheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

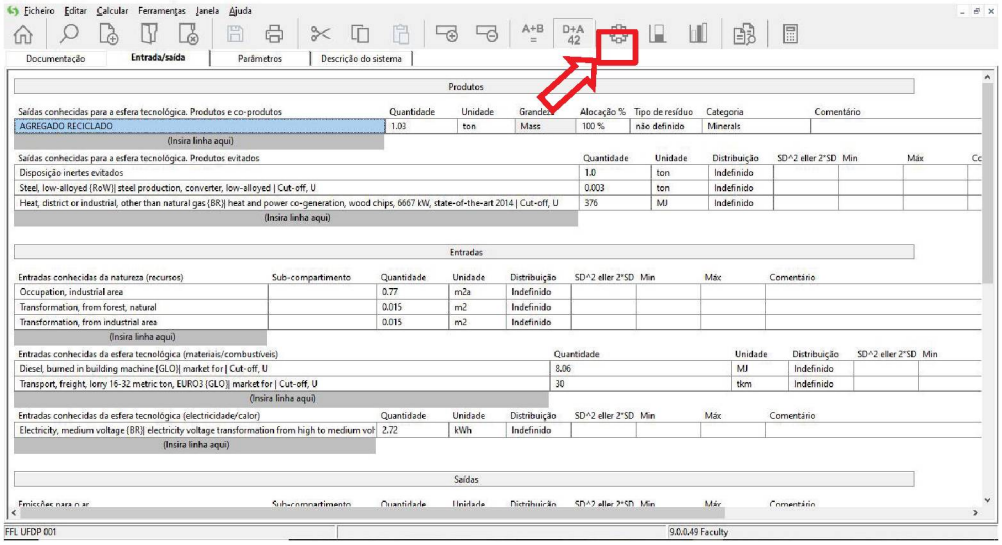
Documentação | Entrada/saída | Parâmetros | Descrição do sistema

Carbon dioxide, biogenic		8.4	g	Indefinido				
Carbon monoxide, biogenic		262	g	Indefinido				
Methane, biogenic		38.4	g	Indefinido				
Nitrogen dioxide		36	g	Indefinido				
Sulfur monoxide		4.9	g	Indefinido				
VOC, volatile organic compounds		2.3	g	Indefinido				
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecifiec		17.4	g	Indefinido				
Particulates, < 2.5 um		9.3	g	Indefinido				
Particulates, > 10 um		6.8	g	Indefinido				
Particulates, > 2.5 um, and < 10um		4.3	g	Indefinido				
Sulfur dioxide		41.7	g	Indefinido				
Sulfur monoxide		4.9	g	Indefinido				
VOC, volatile organic compounds		2.3	g	Indefinido				
(Insira linha aqui)								
Emissões para a água	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Emissões para o solo	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Fluxos finais de resíduo	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Emissões não materiais	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Questões sociais	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Questões económicas	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
(Insira linha aqui)								
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Resíduos e emissões para tratamento		Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2*SD	Min	Máx	Comentário
Inert waste, for final disposal {RoW}| treatment of inert waste, inert material landfill | Cut-off,		0.007	ton	Indefinido				

FFL UFDP 001 | 9.0.0.49 Faculty | sábado, 25 de janeiro de 2020

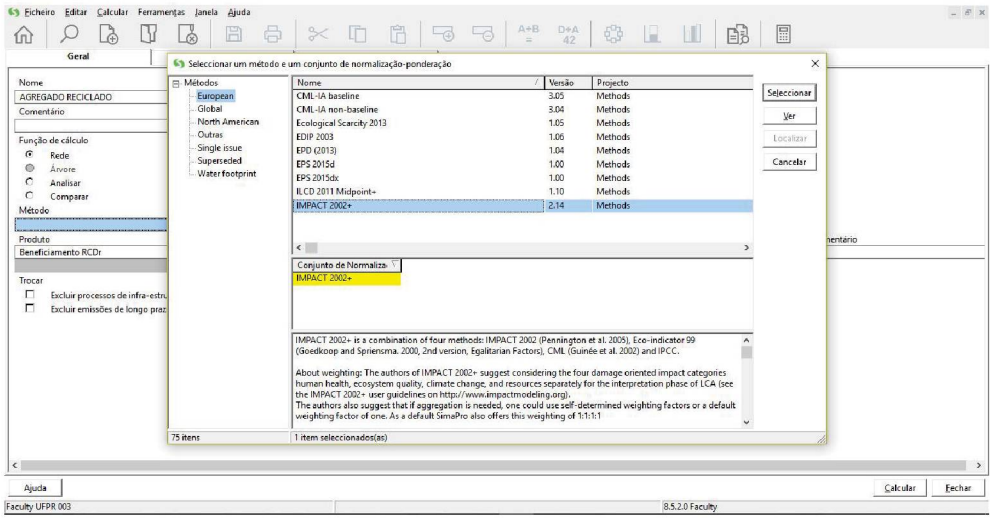
46. ANALISAR A REDE DO PROCESSO "BENEFICIAMENTO DE RCDr"

Após a montagem do processo de Beneficiamento do RCDr, deve-se clicar para analisar a rede do processo criado (quadrado vermelho)



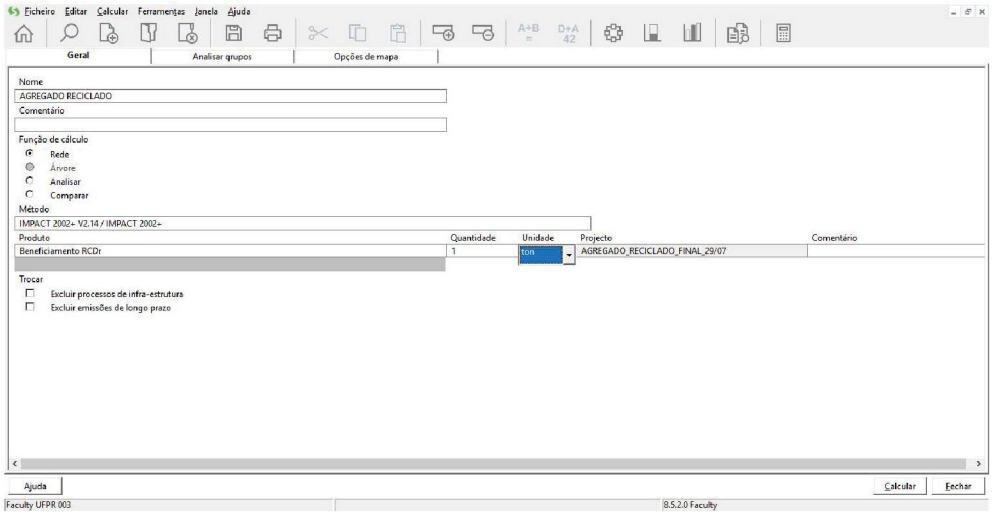
47. SELECIONAR O MÉTODO E CONJUNTO DE NORMALIZAÇÃO A SER UTILIZADO

Após clicar no ícone de análise da rede do processo uma nova janela é aberta. Nesta janela deve-se escolher qual o método de análise de Impactos será utilizado nos cálculos. Neste caso o escolhido foi IMPACT 2002+.



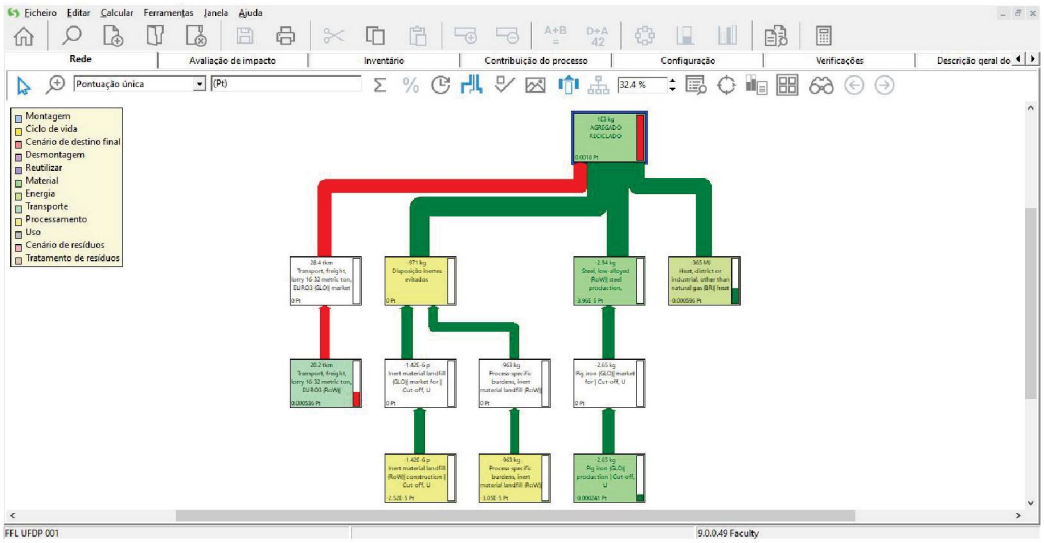
48. CONFIGURAÇÃO DE CÁLCULO PARA REDE DE PRODUÇÃO DE 1 TON DE AGREGADO RECICLADO

Devem-se identificar parâmetros para a configuração de calculo para a rede de produção, como Nome, Método, Quantidade e Unidade do Produto. Após a definição destes parâmetros, deve-se clicar em “Calcular”.



49. ANÁLISE DA REDE DE PRODUÇÃO DE 1 TON DE AGREGADO NATURAL

Após os cálculos é aberta a janela de resultados, iniciando pela rede de fluxos entre os processos.



APÊNDICE 3 – RESULTADOS CENÁRIO 1 (AGRNAT)

1. RESULTADOS NORMALIZADOS PARA AS 14 CATEGORIAS DE IMPACTOS

Calculation:	Analisar
Results:	Avaliação de impacto
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Normalização
Skip categories:	Nunca
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Per impact category:	Sim
Sorted on item:	Categoria de impacte
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

Categoria de impacte	Unidade	Totalt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
Carcinogênico		$3,72x10^{-5}$	$3,08x10^{-6}$	$3,21x10^{-7}$	$8,32x10^{-6}$	$7,48x10^{-7}$	$1,14x10^{-5}$	$1,33x10^{-5}$
Não- carcinogênico		$5,53x10^{-5}$	$7,37x10^{-6}$	$1,81x10^{-7}$	$5,09x10^{-6}$	$6,68x10^{-7}$	$3,93x10^{-5}$	$2,65x10^{-6}$
Efeitos Respiratórios Inorgânicos		$2,74x10^{-3}$	$6,02x10^{-4}$	$2,97x10^{-5}$	$4,27x10^{-5}$	$4,08x10^{-6}$	$7,17x10^{-4}$	$1,14x10^{-4}$
Radiação Iônica		$1,62x10^{-6}$	$7,48x10^{-8}$	$2,18x10^{-8}$	$4,21x10^{-8}$	$4,01x10^{-9}$	$1,12x10^{-6}$	$3,63x10^{-7}$
Depleção da camada de Ozônio		$1,62x10^{-7}$	$7,36x10^{-9}$	$2,93x10^{-9}$	$2,19x10^{-9}$	$2,66x10^{-10}$	$1,36x10^{-7}$	$1,31x10^{-8}$
Respiráveis Orgânicos		$4,33x10^{-6}$	$1,10x10^{-6}$	$3,50x10^{-8}$	$5,13x10^{-8}$	$4,23x10^{-9}$	$8,76x10^{-7}$	$4,65x10^{-8}$
Ecotoxicologia Aquática		$2,84x10^{-5}$	$2,64x10^{-5}$	$1,57x10^{-8}$	$1,08x10^{-7}$	$1,44x10^{-8}$	$1,74x10^{-6}$	$1,54x10^{-7}$
Ecotoicologia Terrestre		$1,30x10^{-3}$	$1,06x10^{-3}$	$5,95x10^{-7}$	$6,24x10^{-6}$	$8,21x10^{-7}$	$2,19x10^{-4}$	$4,44x10^{-6}$
Acidificação Terrestre		$7,01x10^{-5}$	$2,12x10^{-5}$	$5,49x10^{-7}$	$3,00x10^{-7}$	$3,14x10^{-8}$	$1,46x10^{-5}$	$9,32x10^{-7}$
Ocupação da Terra		$7,65x10^{-5}$	$5,88x10^{-5}$	$1,77x10^{-8}$	$3,25x10^{-7}$	$3,12x10^{-8}$	$1,70x10^{-5}$	$3,08x10^{-7}$
Acidificação Aquática		0	0	0	0	0	0	0
Eutroficação Aquática		0	0	0	0	0	0	0
Aquecimento Global		$1,08x10^{-3}$	$5,76x10^{-5}$	$1,10x10^{-5}$	$2,68x10^{-5}$	$2,18x10^{-6}$	$5,02x10^{-4}$	$9,90x10^{-5}$
Energia não Renovável		$7,00x10^{-4}$	$4,03x10^{-5}$	$1,11x10^{-5}$	$1,87x10^{-5}$	$1,55x10^{-6}$	$5,35x10^{-4}$	$9,31x10^{-5}$
Extração Mineral		$1,66x10^{-6}$	$4,28x10^{-7}$	$6,79x10^{-5}$	$5,79x10^{-7}$	$1,16x10^{-7}$	$4,92x10^{-7}$	$4,08x10^{-8}$

2. RESULTADOS NORMALIZADOS PARA AS QUATRO CATEGORIAS DE DANOS

Calculation:	Analisar
Results:	Avaliação de impacto
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Pontuação única
Skip categories:	Nunca
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Per impact category:	N.º
Sorted on item:	Categoria de danos
Sort order:	Ascendente
Distancia:	30 km

Categoria de impacte	Unidade	Totalt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
Totalt	mPt	$6{,}09 \times 10^{0}$	$1{,}88 \times 10^{0}$	$5{,}36 \times 10^{-2}$	$1{,}09 \times 10^{-1}$	$1{,}03 \times 10^{-2}$	$2{,}06 \times 10^{0}$	$3{,}29 \times 10^{-1}$
Saúde Humana	mPt	$2{,}84 \times 10^{0}$	$6{,}14 \times 10^{-1}$	$3{,}02 \times 10^{-2}$	$5{,}62 \times 10^{-2}$	$5{,}51 \times 10^{-3}$	$7{,}70 \times 10^{-1}$	$1{,}31 \times 10^{-1}$
Qualidade do ecossistema	mPt	$1{,}47 \times 10^{0}$	$1{,}17 \times 10^{0}$	$1{,}18 \times 10^{-3}$	$6{,}98 \times 10^{-3}$	$8{,}98 \times 10^{-4}$	$2{,}52 \times 10^{-1}$	$5{,}83 \times 10^{-3}$
Mudança Climática	mPt	$1{,}08 \times 10^{0}$	$5{,}76 \times 10^{-2}$	$1{,}10 \times 10^{-2}$	$2{,}68 \times 10^{-2}$	$2{,}18 \times 10^{-3}$	$5{,}02 \times 10^{-1}$	$9{,}90 \times 10^{-2}$
Recursos	mPt	$7{,}01 \times 10^{-1}$	$4{,}08 \times 10^{-2}$	$1{,}11 \times 10^{-2}$	$1{,}93 \times 10^{-2}$	$1{,}67 \times 10^{-3}$	$5{,}35 \times 10^{-1}$	$9{,}32 \times 10^{-2}$

3. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “EFEITOS RESPIRATÓRIOS INORGÂNICOS”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	Sim
Categoria:	Respiratory inorganics
Atenuar:	1%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia:	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
	Total de todos os compartimentos		kg $PM_{2.5}$ eq	$2,78x10^{-2}$	$6,10x10^{-3}$	$3,01x10^{-4}$	$4,33x10^{-4}$	$4,14x10^{-5}$	$7,26x10^{-3}$	$1,16x10^{-3}$
	Substâncias restantes		kg $PM_{2.5}$ eq	$8,58\ x10^{-5}$	$1,47x10^{-10}$	$2,21x10^{-12}$	$5,52x10^{-11}$	$4,53x10^{-12}$	$2,59x10^{-10}$	$1,05x10^{-11}$
1	NH_3	Ar	kg $PM_{2.5}$ eq	$7,33x10^{-4}$	$7,20x10^{-4}$	$1,33x10^{-7}$	$1,90x10^{-6}$	$2,78x10^{-7}$	$8,54x10^{-6}$	$2,28x10^{-6}$
2	NO_x	Ar	kg $PM_{2.5}$ eq	$1,89x10^{-2}$	$4,38x10^{-3}$	$1,64x10^{-4}$	$7,75x10^{-5}$	$6,69x10^{-6}$	$4,27x10^{-3}$	$2,07x10^{-4}$
3	$PM_{2,5}$	Ar	kg $PM_{2.5}$ eq	$6,59x10^{-3}$	$8,91x10^{-4}$	$1,25x10^{-4}$	$3,10x10^{-4}$	$2,73x10^{-5}$	$2,42x10^{-3}$	$7,11x10^{-4}$
4	SO_2	Ar	kg $PM_{2.5}$ eq	$1,48x10^{-3}$	$1,11x10^{-4}$	$1,20x10^{-5}$	$4,96x10^{-5}$	$7,08x10^{-6}$	$5,58x10^{-4}$	$2,39x10^{-4}$

4. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “ECOTOXICOLOGIA TERRESTRE”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	Sim
Categoria:	Terrestrial ecotoxicity
Atenuar:	1%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia:	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
	Total de todos os compartimentos		kg TEG soil	$2,24x10^{4}$	$1,84x10^{3}$	$1,03x10^{0}$	$1,08x10^{1}$	$1,42x10^{0}$	$3,79x10^{2}$	$7,69x10^{0}$
	Substâncias restantes		kg TEG soil	$2,37x10^{1}$	$3,39x10^{0}$	$7,15x10^{-2}$	$3,49x10^{0}$	$3,81x10^{-1}$	$1,53x10^{1}$	$1,07x10^{0}$
1	Al	Ar	kg TEG soil	$1,85x10^{3}$	$1,84x10^{3}$	$7,64x10^{-2}$	$3,70x10^{0}$	$5,50x10^{-1}$	$7,33x10^{0}$	$2,84x10^{0}$
2	Zn	Solo	kg TEG soil	$2,44x10^{2}$	$1,73x10^{0}$	$1,10x10^{-1}$	$5,83x10^{-1}$	$4,94\ x10^{-2}$	$2,41x10^{2}$	$6,27x10^{-1}$

5. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “AQUECIMENTO GLOBAL”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	Sim
Categoria:	Global warming
Atenuar:	1%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia:	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
	Total de todos os compartimentos		kg CO_2 eq	$1{,}07x10^{1}$	$5{,}70x10^{-1}$	$1{,}09x10^{-1}$	$2{,}66x10^{-1}$	$2{,}15x10^{-2}$	$4{,}97x10^{0}$	$9{,}80x10^{-1}$
	Substâncias restantes		kg CO_2 eq	$2{,}30x10-^{1}$	$2{,}45x10^{-2}$	$6{,}55x10-^{4}$	$5{,}28x10^{-3}$	$4{,}50x10^{-4}$	$2{,}24x10^{-2}$	$1{,}18x10^{-1}$
1	CO_2 - Fóssil	Ar	kg CO_2 eq	$1{,}02x10^{1}$	$4{,}24x10^{-1}$	$1{,}07x10^{-1}$	$2{,}51x10^{-1}$	$2{,}03x10^{-2}$	$4{,}89x10^{0}$	$8{,}11x10^{-1}$
2	N_2O	Ar	kg CO_2 eq	$1.64x10^{-1}$	$1{,}12x10^{-1}$	$5{,}79x10^{-4}$	$8{,}50x10^{-4}$	$8{,}93x10^{-5}$	$8{,}78x10^{-3}$	$4{,}21x10^{-2}$
3	CH_3 - Fóssil	Ar	kg CO_2 eq	$1{,}36x10^{-1}$	$1{,}04x10^{-2}$	$7{,}33x10^{-4}$	$7{,}93x10^{-3}$	$6{,}73x10^{-4}$	$4{,}31x10^{-2}$	$9{,}70x10^{-3}$

6. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “OCUPAÇÃO DO SOLO”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	Sim
Categoria:	Land occupation
Atenuar:	1%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia:	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	TotaIt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
	Total de todos os compartimentos		m^2org.arable	$9,62x10^{-1}$	$740x10^{-1}$	$2,22x10^{-4}$	$4,09x10^{-3}$	$3,92x10^{-4}$	$2,14x10^{-1}$	$3,87x10^{-3}$
	Substâncias restantes		m2org.arable	$3,53x10^{-2}$	$1,35x10^{-2}$	$1,44x10^{-4}$	$3,08x10^{-3}$	$2,98x10^{-4}$	$1,51x10^{-2}$	$3,22x10^{-3}$
1	Ocupação - Área extração	Matéria prima	m^2org.arable	$7,27x10^{-1}$	$7,25x10^{-4}$	$9,65x10^{-6}$	$1,63x10^{-4}$	$2,49x10^{-5}$	$1,58x10^{-3}$	$2,38x10^{-4}$
2	Ocupação - Rodoviária	Matéria prima	m2org.arable	$1,65x10^{-1}$	$7,30x10^{-4}$	$5,79x10^{-5}$	$6,25x10^{-4}$	$5,05x10^{-5}$	$1,63x10^{-1}$	$3,04x10^{-4}$

7. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “ENERGIA NÃO RENOVÁVEL”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	Sim
Categoria:	Non-renewable energy
Atenuar:	1%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia:	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
	Total de todos os compartimentos		MJ primary	$1,06x10^{2}$	$6,13x10^{0}$	$1,69x10^{0}$	$2,84x10^{0}$	$2,36x10^{-1}$	$8,13x10^{1}$	$1,42x10^{1}$
	Substâncias restantes		MJ primary	$1,38x10^{-1}$	$2,60x10^{-2}$	$9,55x10^{-4}$	$2,52x10^{-2}$	$2,12x10^{-3}$	$7,95x10^{-2}$	$4,33x10^{-3}$
1	Carvão	Matéria prima	MJ primary	$7,76x10^{0}$	$1,28x10^{0}$	$4,78x10^{-2}$	$1,29x10^{0}$	$1,09x10^{-1}$	$3,95x10^{0}$	$1,09x10^{0}$
2	Gás, natural/m^3	Matéria prima	MJ primary	$8,03x10^{1}$	$1,45x10^{0}$	$819x10^{-2}$	$6,07x10^{-1}$	$5,20x10^{-2}$	$4,30x10^{0}$	$6,24x10^{0}$
3	Petróleo, bruto	Matéria prima	MJ primary	$3,60x10^{0}$	$3,04x10^{0}$	$1,54x10^{0}$	$6,16x10^{-1}$	$4,38x10^{-2}$	$7,11x10^{1}$	$3,98x10^{0}$

8. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “TOXICIDADE HUMANA CARCINOGÊNICA”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	Sim
Categoria:	Carcinogens
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
	Total de todos os compartimentos		kg C_2H_3Cl eq	$9,42x10^{-2}$	$7,80x10^{-3}$	$8,14x10^{-4}$	$2,11x10^{-2}$	$1,89x10^{-3}$	$2,88x10^{-2}$	$3,38x10^{-2}$
	Substâncias restantes		kg C_2H_3Cl eq	$1,63x10^{-3}$	$2,18x10^{-4}$	$8,07x10^{-6}$	$1,34x10^{-4}$	$6,77x10^{-5}$	$1,10x10^{-3}$	$1,01x10^{-4}$
2	As	Água	kg C_2H_3Cl eq	$2,49x10^{-3}$	$6,36x10^{-4}$	$1,03x10^{-5}$	$4,52x10^{-4}$	$3,86x10^{-5}$	$1,13x10^{-3}$	$2,29x10^{-4}$
3	C_20H_{12}	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$9,19x10^{-3}$	$4,94x10^{-4}$	$1,10x10^{-4}$	$3,74x10^{-3}$	$3,13x10^{-4}$	$4,34x10^{-3}$	$1,84x10^{-4}$
4	Cr	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$1,25x10^{-3}$	$7,98x10^{-5}$	$7,98x10^{-6}$	$8,17x10^{-4}$	$6,31x10^{-5}$	$2,23x10^{-4}$	$5,61x10^{-5}$
5	$C_{12}H_4Cl_4O_2$	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$3,18x10^{-3}$	$2,08x10^{-4}$	$2,70x10^{-5}$	$1,22x10^{-3}$	$1,08x10^{-4}$	$1,41x10^{-3}$	$2,02x10^{-4}$
6	HC	Água	kg C_2H_3Cl eq	$6,78x10^{-3}$	$2,56x10^{-4}$	$1,31x10^{-4}$	$4,73x10^{-5}$	$3,39x10^{-6}$	$6,01x10^{-3}$	$3,39x10^{-4}$
7	HPA	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$4,91x10^{-3}$	$2,24x10^{-3}$	$3,41x10^{-4}$	$3,61x10^{-4}$	$3,18x10^{-5}$	$1,67x10^{-3}$	$2,58x10^{-4}$

9. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “TOXICIDADE HUMANA NÃO CARCINOGÊNICA”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	Sim
Categoria:	Non-carcinogens
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	TotaIt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
Total de todos os compartimentos			kg C_2H_3Cl eq	$1,40x10^{-1}$	$1,87x10^{-2}$	$4,59x10^{-4}$	$1,29x10^{-2}$	$1,69x10^{-3}$	$9,96x10^{-2}$	$6,70x10^{-3}$
Substâncias restantes			kg C_2H_3Cl eq	$6,53x10^{-3}$	$8,86x10^{-4}$	$5,34x10^{-5}$	$6,30x10^{-4}$	$6,56x10^{-5}$	$4,61x10^{-3}$	$2,90x10^{-4}$
1	Al	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$7,11x10^{-3}$	$7,06x10^{-3}$	$2,94x10^{-7}$	$1,42x10^{-5}$	$2,12x10^{-16}$	$2,82x10^{-5}$	$1,09x10^{-5}$
2	Sb	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$1,53x10^{-2}$	$4,31x10^{-5}$	$1,59x10^{-6}$	$3,30x10^{-5}$	$3,57x10^{-6}$	$1,52x10^{-2}$	$9,74x10^{-6}$
3	As	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$9,16x10^{-3}$	$1,80x10^{-3}$	$2,89x10^{-5}$	$9,05x10^{-4}$	$6,29x10^{-4}$	$5,05x10^{-3}$	$7,45x10^{-4}$
4	As	Água	kg C_2H_3Cl eq	$2,59x10^{-2}$	$6,61x10^{-3}$	$1,07x10^{-4}$	$4,70x10^{-3}$	$4,02x10^{-4}$	$1,17x10^{-2}$	$2,38x10^{-3}$
5	As	Solo	kg C_2H_3Cl eq	$4,57x10^{-3}$	$2,44x10^{-4}$	$3,56x10^{-5}$	$5,34x10^{-5}$	$1,05x10^{-5}$	$4,04x10^{-3}$	$1,81x10^{-4}$
6	Ba	Água	kg C_2H_3Cl eq	$5,58x10^{-3}$	$2,70x10^{-4}$	$7,20x10^{-5}$	$6,89x10^{-5}$	$5,46x10^{-6}$	$3,35x10^{-3}$	$1,82x10^{-3}$
7	$C_{12}H_4Cl_4O_2$	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$1,61x10^{-2}$	$1,05x10^{-3}$	$1,37x10^{-4}$	$6,18x10^{-3}$	$5,44x10^{-4}$	$7,12x10^{-3}$	$1,02\ x10^{-3}$
8	Mo	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$1,57x10^{-2}$	$5,92x10^{-5}$	$2,80x10^{-6}$	$3,74x10^{-5}$	$3,06x10^{-6}$	$1,56x10^{-2}$	$5,89x10^{-5}$
9	Zn	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$2,64x10^{-3}$	$6,06x10^{-5}$	$5,30x10^{-6}$	$1,91x10^{-4}$	$1,96x10^{-5}$	$2,34x10^{-3}$	$2,61x10^{-5}$
10	Zn	Solo	kg C_2H_3Cl eq	$3,15x10^{-2}$	$5,81x10^{-4}$	$1,53x10^{-5}$	$8,87x10^{-5}$	$8,51x10^{-6}$	$3,06x10^{-2}$	$1,59x10^{-4}$

10. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS "EXTRAÇÃO MINERAL"

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	Sim
Categoria:	Mineral extraction
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Unidade	Totalt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
	Total de todos os compartimentos	MJ surplus	$2,53x10^{-1}$	$615x10^{-2}$	$1,03x10^{-3}$	$8.,79x10^{-2}$	$1,77x10^{-2}$	$7,48x10^{-2}$	$6,20x10^{-3}$
	Substâncias restantes	MJ surplus	$8,97x10^{-2}$	$2,76x10^{-2}$	$3,02x10^{-4}$	$2,36x10^{-2}$	$8,64x10^{-3}$	$2,80x10^{-2}$	$1,44x10^{-3}$
1	Al	MJ surplus	$2,84x10^{-2}$	$2,22x10^{-2}$	$1,02x10^{-5}$	$4,50x10^{-4}$	$5,63x10^{-5}$	$5,24x10^{-3}$	$4,41x10^{-4}$
2	Cobre, 0.52% sulfeto, Cu 0.27% e Mo 8.2E-3% em minério bruto	MJ surplus	$2,33x10^{-2}$	$3,46x10^{-3}$	$9,82x10^{-5}$	$9,06x10^{-3}$	$1,94x10^{-3}$	$8,20x10^{-3}$	$5,72x10^{-4}$
3	Cobre, 0.59% sulfeto, Cu 0.22%e Mo 8.2E-3% em minério bruto	MJ surplus	$2,00x10^{-2}$	$1,89x10^{-3}$	$1,06x10^{-4}$	$1,08x10^{-2}$	$1,43x10^{-3}$	$5,35x10^{-3}$	$4,10x10^{-4}$
7	Cobre, Cu 0.38%, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Pb 0.014%, em minério	MJ surplus	$2,48x10^{-2}$	$5,98x10^{-3}$	$3,91x10^{-5}$	$1,09x10^{-3}$	$2,32x10^{-3}$	$1,46x10^{-2}$	$7,27x10^{-4}$
9	Niquel, 1.98% em silicato, 1.04% em minério bruto	MJ surplus	$6,65x10^{-2}$	$3,88x10^{-3}$	$4,76x10^{-4}$	$4,29x10^{-2}$	$3,30x10^{-3}$	$1,34x10^{-2}$	$2,61x10^{-3}$

11. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “ACIDIFICAÇÃO TERRESTRE”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	Sim
Categoria:	Terrestrial Acid/Nutri
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
	Total de todos os compartimentos		kg SO_2 eq	$9{,}42 \times 10^{-1}$	$2{,}79 \times 10^{-1}$	$7{,}23 \times 10^{-3}$	$3{,}95 \times 10^{-3}$	$4{,}13 \times 10^{-4}$	$1{,}93 \times 10^{-1}$	$1{,}23 \times 10^{-2}$
	Substâncias restantes		kg SO_2 eq	$1{,}10 \times 10^{-3}$	$2{,}28 \times 10^{-9}$	$8{,}17 \times 10^{-11}$	$1{,}99 \times 10^{-9}$	$1{,}57 \times 10^{-10}$	$9{,}54 \times 10^{-9}$	$3{,}62 \times 10^{-10}$
1	NH_3	Ar	kg SO_2 eq	$9{,}03 \times 10^{-2}$	$8{,}87 \times 10^{-2}$	$1{,}64 \times 10^{-5}$	$2{,}34 \times 10^{-4}$	$3{,}42 \times 10^{-5}$	$1{,}05 \times 10^{-3}$	$2{,}81 \times 10^{-4}$
2	NOx	Ar	kg SO_2 eq	$8{,}13 \times 10^{-1}$	$1{,}89 \times 10^{-1}$	$7{,}06 \times 10^{-3}$	$3{,}08 \times 10^{-3}$	$2{,}88 \times 10^{-4}$	$1{,}84 \times 10^{-1}$	$8{,}92 \times 10^{-3}$
3	SO_2	Ar	kg SO_2 eq	$1{,}90 \times 10^{-2}$	$1{,}43 \times 10^{-3}$	$1{,}54 \times 10^{-4}$	$6{,}36 \times 10^{-4}$	$9{,}07 \times 10^{-5}$	$7{,}15 \times 10^{-3}$	$3{,}07 \times 10^{-3}$

12. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “ACIDIFICAÇÃO AQUÁTICA”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	Sim
Categoria:	Aquatic acidification
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
Total de todos os compartimentos			kg SO_2 eq	$1,36x10^{-1}$	$3,67x10^{-2}$	$1,06x10^{-3}$	$1,09x10^{-3}$	$1,35x10^{-4}$	$3,09x10^{-2}$	$4,30x10^{-3}$
Substâncias restantes			kg SO_2 eq	$1,44x10^{-3}$	$9,33x10^{-5}$	$1,50x10^{-6}$	$3,24x10^{-5}$	$2,85x10^{-6}$	$1,51x10^{-4}$	$6,27x10^{-5}$
1	NH_3	Ar	kg SO_2 eq	$1,14x10^{-2}$	$1,12x10^{-2}$	$2,06x10^{-6}$	$2,94x10^{-5}$	$4,30x10^{-6}$	$1,32x10^{-4}$	$3,54x10^{-5}$
2	NOx	Ar	kg SO_2 eq	$1,04x10^{-1}$	$2,41x10^{-2}$	$9,01x10^{-4}$	$3,93x10^{-4}$	$3,68x10^{-5}$	$2,35x10^{-2}$	$1,14x10^{-3}$
3	SO_2	Ar	kg SO_2 eq	$1,90x10^{-2}$	$1,42x10^{-2}$	$1,54x10^{-4}$	$6,36x10^{-4}$	$9,07x10^{-5}$	$7,15x10^{-3}$	$3,07x10^{-3}$

13. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “ECOTOXICOLOGIA AQUÁTICA”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	Sim
Categoria:	Aquatic ecotoxicity
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	TotaIt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
Total de todos os compartimentos			kg TEG water	$7,75x10^{3}$	$7,19x10^{3}$	$4,28x10^{0}$	$2,94x10^{1}$	$3,92x10^{0}$	$4,75x10^{2}$	$4,20x10^{1}$
Substâncias restantes			kg TEG water	$2,12x10^{2}$	$2,41x10^{1}$	$8,44x10^{-1}$	$1,17x10^{1}$	$1,14x10^{0}$	$1,56x10^{2}$	$1,84x10^{1}$
1	Al	Ar	kg TEG water	$7,22x10^{3}$	$7,16x10^{3}$	$2,98x10^{-1}$	$1,44x10^{1}$	$2,15x10^{0}$	$2,86x10^{1}$	$1,11x10^{1}$
2	Al	Solo	kg TEG water	$1,72x10^{2}$	$9,34x10^{0}$	$2,96x10^{0}$	$1,76x10^{0}$	$1,46x10^{-1}$	$1,46x10^{2}$	$1,17x10^{1}$
3	Cu	Ar	kg TEG water	$1,50x10^{2}$	$1,86x10^{0}$	$1,80x10^{-1}$	$1,44x10^{0}$	$4,84x10^{-1}$	$1,45x10^{2}$	$8,00x10^{-1}$

14. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “RESPIRÁVEIS ORGÃNICOS”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	Sim
Categoria:	Respiratory organics
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
Total de todos os compartimentos			kg C_2H_4 eq	$1,44x10^{-2}$	$3,67x10^{-3}$	$1,17x10^{-4}$	$1,71x10^{-4}$	$1,41x10^{-5}$	$2,92x10^{-3}$	$1,55x10^{-4}$
Substâncias restantes			kg C_2H_4 eq	$3,85x10^{-4}$	$1,81x10^{-5}$	$4,03x10^{-6}$	$1,75x10^{-5}$	$1,51x10^{-6}$	$3,05x10^{-4}$	$3,84x10^{-5}$
1	COVNM	Ar	kg C_2H_4 eq	$1,39x10^{-2}$	$3,65x10^{-3}$	$1,13x10^{-4}$	$1,53x10^{-4}$	$1,26x10^{-5}$	$2,61x10^{-3}$	$1,16x10^{-4}$
2	COV	Ar	kg C_2H_4 eq	$1,52x10^{-4}$	$9,23x10^{-12}$	$7,86x10^{-14}$	$2,16x10^{-12}$	$2,69x10^{-12}$	$3,08x10^{-11}$	$1,06x10^{-12}$

15. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “DEPLEÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	Sim
Categoria:	Ozone layer depletion
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
	Total de todos os compartimentos		kg CFC-11 eq	$1,09x10^{-6}$	$4,97x10^{-8}$	$1,98x10^{-8}$	$1,48x10^{-8}$	$1,80x10^{-9}$	$9,19x10^{-7}$	$8,84x10^{-8}$
	Substâncias restantes		kg CFC-11 eq	$4,68x10^{-9}$	$1,40x10^{-9}$	$1,82x10^{-11}$	$6,47x10^{-10}$	$8,62x10^{-11}$	$2,38x10^{-9}$	$1,53x10^{-10}$
1	CFC-114	Ar	kg CFC-11 eq	$2,60x10^{-8}$	$1,11x10^{-9}$	$9,52x10^{-11}$	$1,35x10^{-9}$	$1,17x10^{-10}$	$8,75x10^{-9}$	$1,46x10^{-8}$
2	Halon 1211	Ar	kg CFC-11 eq	$2,00x10^{-8}$	$4,94x10^{-9}$	$1,58x10^{-10}$	$2,30x10^{-9}$	$1,87x10^{-10}$	$7,76x10^{-9}$	$4,70x10^{-9}$
3	Halon 1301	Ar	kg CFC-11 eq	$1,03x10^{-6}$	$4,03x10^{-8}$	$1,94x10^{-8}$	$7,87x10^{-9}$	$55,73x10^{-10}$	$8,94x10^{-7}$	$6,85x10^{-8}$
4	HCFC-22	Ar	kg CFC-11 eq	$6,47x10^{-9}$	$1,66x10^{-9}$	$7,16x10^{-11}$	$3,28x10^{-10}$	$6,38x10^{-10}$	$3,62x10^{-9}$	$2,10x10^{-10}$

16. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “EUTROFIZAÇÃO AQUÁTICA”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	Sim
Categoria:	Aquatic eutrophication
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
Total de todos os compartimentos			kg PO_4 P-lim	$9{,}74 \times 10^{-4}$	$1{,}02 \times 10^{-4}$	$9{,}97 \times 10^{-6}$	$1{,}53 \times 10^{-4}$	$2{,}43 \times 10^{-5}$	$5{,}69 \times 10^{-4}$	$1{,}16 \times 10^{-4}$
Substâncias restantes			kg PO_4 P-lim	$1{,}48 \times 10^{-5}$	$2{,}36 \times 10^{-6}$	$1{,}83 \times 10^{-7}$	$6{,}60 \times 10^{-7}$	$6{,}60 \times 10^{-7}$	$1{,}00 \times 10^{-5}$	$1{,}48 \times 10^{-6}$
1	DQO	Água	kg PO_4 P-lim	$3{,}93 \times 10^{-4}$	$1{,}92 \times 10^{-5}$	$7{,}35 \times 10^{-6}$	$3{,}68 \times 10^{-6}$	$3{,}68 \times 10^{-6}$	$3{,}42 \times 10^{-4}$	$2{,}01 \times 10^{-5}$
2	PO^{-3}_4	Água	kg PO_4 P-lim	$5{,}67 \times 10^{-4}$	$8{,}02 \times 10^{-5}$	$2{,}44 \times 10^{-6}$	$1{,}49 \times 10^{-4}$	$1{,}49 \times 10^{-4}$	$2{,}17 \times 10^{-4}$	$9{,}44 \times 10^{-5}$

17. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “RADIAÇÃO IÔNICA”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton Beneficiamento do calcário (of project AGREGADOS_NATURAIS_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	Sim
Categoria:	Ionizing radiation
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	Extração do calcário	T. Fabril	Correia Transportadora	Processamento do mineral	T. Distribuição	Britagem
Total de todos os compartimentos			Bq C-14 eq	$5,48x10^{1}$	$2,53x10^{0}$	$7,38x10^{-1}$	$1,42\ x10^{0}$	$1,36\ x10^{-1}$	$3,78\ x10^{1}$	$1,22x10^{1}$
Substâncias restantes			Bq C-14 eq	$8,21x10^{2}$	$1,11x10^{-2}$	$4,97x10^{-4}$	$5,00\ x10^{-3}$	$4,51\ x10^{-4}$	$3,65\ x10^{-2}$	$2,85x10^{-2}$
1	C-14	Ar	Bq C-14 eq	$4,01x10^{1}$	$1,72x10^{0}$	$6,82x10^{-1}$	$6,23\ x10^{-1}$	$5,20\ x10^{-2}$	$3,26\ x10^{1}$	$4,49x10^{0}$
2	Cs-137	Água	Bq C-14 eq	$4,24x10^{-1}$	$3,85x10^{-2}$	$1,84x10^{-3}$	$2,73\ x10^{-2}$	$2,44\ x10^{-3}$	$1,64\ x10^{-1}$	$1,90x10^{-1}$
3	Rn-222	Ar	Bq C-14 eq	$1,42x10^{1}$	$7,62x10^{-1}$	$5,33x10^{-2}$	$7,68\ x10^{-1}$	$8,06\ x10^{-2}$	$4,98\ x10^{0}$	$7,54x10^{0}$

APÊNDICE 4 – RESULTADOS CENÁRIO 2 (RCDRA)

18. RESULTADOS NORMALIZADOS PARA AS 14 CATEGORIAS DE IMPACTOS

Calculation:	Analisar
Results:	Avaliação de Impacto
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Normalização
Skip categories:	Nunca
Excluir processos de infra-estrutura:	Nº
Excluir emissões de longo prazo:	Nº
Per impact category:	Sim
Sorted on item:	Categoria de impacte
Sort order:	Descendente
Distancia	30 km

Categoria de Impactos	Un	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
Carcingênico		$-1,67x10^{-4}$	$2,22x10^{-6}$	$1,18x10^{-5}$	$7,71x10^{-6}$	$-3,01x10^{-5}$	$-1,36x10^{-4}$	$-2,26x10^{-5}$	$1,41x10^{-7}$
Não carcinogênico		$-3,24x10^{-4}$	$1,21x10^{-6}$	$3,86x10^{-5}$	$1,52x10^{-6}$	$-2,06x10^{-5}$	$-1,14x10^{-4}$	$-2,31x10^{-4}$	$9,67x10^{-8}$
Respiráveis Inorganicos		$-1,63x10^{-3}$	$1,95x10^{-4}$	$6,97x10^{-4}$	$6,61x10^{-5}$	-1,9x10-3	-1,43x10-3	$-5,45x10^{-4}$	$5,14x10^{-6}$
Radiação Iônica		$-1,31x10^{-6}$	$1,43x10^{-7}$	$1,08x10^{-6}$	$2,9\ x10^{-7}$	$-2,00x10^{-6}$	$-6,27x10^{-7}$	$-1,24x10^{-7}$	$9,39x10^{-9}$
Depleção da camada de ozônio		$-1,84x10^{-7}$	$1,93x10^{-8}$	$1,32x10^{-7}$	$7,53x10^{-9}$	$-2,54x10^{-7}$	$-5,-9x10^{-8}$	$-3,87x10^{-8}$	$1,19x10^{-9}$
Respiráveis Orgânicos		$-2,69x10^{-6}$	$2,32x10^{-7}$	$8,64x10^{-7}$	$2,71x10^{-8}$	$-1,50x10^{-6}$	$-1,99x10^{-6}$	$-5,28x10^{-7}$	$7,07x10^{-9}$
Ecotoxicologia Aquática		$-1,95x10^{-5}$	$1,03x10^{-7}$	$1,69x10^{-6}$	$8,84x10^{-8}$	$-1,62x10^{-6}$	$-3,21x10^{-6}$	$-1,66x10^{-5}$	$7,61x10^{-9}$
Ecotoxicolofia Terrestre		$-1,03x10^{-3}$	$3,92x10^{-6}$	$2,13x10^{-4}$	$2,54x10^{-6}$	$-7,51x10^{-5}$	$-2,14x10^{-4}$	$-9,60x10^{-4}$	$3,53x10^{-7}$
Acidificação Terrestre		$-1,03x10^{-5}$	$3,61x10^{-6}$	$1,42x10^{-5}$	$5,51x10^{-7}$	$-1,89x10^{-5}$	$-8,97x10^{-6}$	$-1,58x10^{-5}$	$8,90x10^{-8}$
Ocupação de Terra		$-3,32x10^{-4}$	$1,16x10^{-7}$	$1,65x10^{-5}$	$1,71x10^{-7}$	$-6,63x10^{-5}$	$-8,04x10^{-6}$	$-3,21x10^{-4}$	$3,12x10^{-7}$
Acidificação Aquática		0	0	0	0	0	0	0	0
Eutrofização Aquática		0	0	0	0	0	0	0	0
Aquecimento Global		$-5,94x10^{-4}$	$7,22x10^{-5}$	$4,84x10^{-4}$	$5,70x10^{-5}$	$-5,9x10^{-4}$	$-6,83x10^{-4}$	$-7,07x10^{-5}$	$2,39x10^{-6}$
Energia não renovável		$-9,37x10^{-4}$	$7,34x10^{-5}$	$5,20x10^{-4}$	$5,37x10^{-5}$	-1,03x10-3	$-4,94x10^{-4}$	$-6,08x10^{-5}$	$4,86x10^{-6}$
Extração Mineral		-2.71E-05	4.45E-08	2.40E-07	2.34E-08	-5.45E-07	-1.13E-06	-2.58E-05	3.23E-08

19. RESULTADOS NORMALIZADOS PARA AS CINCO CATEGORIAS DE IMPACTOS SELECIONADAS

Calculation:	Analisar
Results:	Avaliação de impacto
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Pontuação única
Skip categories:	Nunca
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Per impact category:	N.º
Sorted on item:	Categoria de danos
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

Categoria de Impactos	Uni.	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitada)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
Totalt	mPt	$-5{,}01x10^{0}$	$3{,}53x10^{-1}$	$2{,}00x10^{0}$	$1{,}90x10^{-1}$	$-2{,}85x10^{0}$	$-3{,}12x10^{0}$	$-2{,}24x10^{0}$	$7{,}05x10^{-2}$
Saúde Humana	mPt	$-2{,}10x10^{0}$	$1{,}99x10^{-1}$	$7{,}50x10^{-1}$	$7{,}56x10^{-2}$	$-1{,}15x10^{0}$	$-1{,}68x10^{0}$	$-7{,}99x10^{-1}$	$2{,}83x10^{-2}$
Qualidade do ecossistema	mPt	$-1{,}39x10^{0}$	$7{,}76x10^{-3}$	$2{,}45x10^{-1}$	$3{,}35x10^{-3}$	$-1{,}62x10^{-1}$	$-2{,}35x10\text{-}1^{-1}$	$-1{,}31x10^{0}$	$4{,}00x10^{-3}$
Mudanças Climáticas	mPt	$-5{,}84x10^{-1}$	$7{,}22x10^{-2}$	$4{,}84x10^{-1}$	$5{,}70x10^{-2}$	$-5{,}09x10^{-1}$	$-6{,}83x10\text{-}1^{-1}$	$-7{,}07x10^{-2}$	$1{,}26x10^{-2}$
Recursosl	mPt	$-9{,}42x10^{-1}$	$7{,}34x10^{-2}$	$5{,}21x10^{-1}$	$5{,}37x10^{-2}$	$-1{,}03x10^{0}$	$-5{,}20x10\text{-}1^{-1}$	$-6{,}10x10^{-2}$	$2{,}56x10^{-2}$

20. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “EFEITOS RESPIRATÓRIOS INORGÂNICOS”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	N.º
Categoria:	Respiratory inorganics
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
	Total de todos os compartimentos		kg PM2.5 eq	$-1,65x10^{-2}$	$1,98x10^{-3}$	$7,06x10^{-3}$	$6,70x10^{-4}$	$-1,11x10^{-2}$	$-1,45x10^{-2}$	$-5,52x10^{-3}$	$5,21x10^{-5}$
	Substâncias restantes		kg PM2.5 eq	$-5,11x10^{-1}$	$1,31x10^{-11}$	$9,63x10^{-11}$	$3,27x10^{-12}$	$-1,68x10^{-10}$	$-3,35x10^{-1}$	$-1,22x10^{-10}$	$7,88x10^{-13}$
1	NH_3	Ar	$-6,54x10^{-4}$	$1,11x10^{-6}$	$1,14x10^{-5}$	$2,78x10^{-6}$	$-2,01x10^{-5}$	$-7,38x10^{-5}$	$-5,75x10^{-4}$	$9,45x10^{-8}$	1.78E-06
2	NO_2	Ar	$4,45x10^{-3}$	0	0	0	0	0	0	0	0.00E+00
3	NOx	Ar	$-5,24x10^{-3}$	$1,08x10^{-3}$	$4,15x10^{-3}$	$1,19x10^{-4}$	$-5,40x10^{-3}$	$-2,08x10^{-3}$	$-3,13x10^{-3}$	$2,54x10^{-5}$	1.38E-04
4	$PM_{2.5}$	Ar	$-1,34x10^{-2}$	$8,22x10^{-4}$	$2,36x10^{-3}$	$4,10x10^{-4}$	$-4,56x10^{-3}$	$-1,08x10^{-2}$	$-1,68x10^{-3}$	$2,14x10^{-5}$	1.73E-04
5	SO_2	Ar	$-1,98x10^{-3}$	$7,94x10^{-5}$	$5,44x10^{-4}$	$1,38x10^{-4}$	$-1,09x10^{-3}$	$-1,52x10^{-3}$	$-1,34x10^{-4}$	$5,15x10^{-6}$	4.97E-05
6	SO	Ar	$3,71x10^{-4}$	0	0	0	0	0	0	0	0

21. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “ECOTOXICOLOGIA TERRESTRE”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	N.º
Categoria:	Terrestrial ecotoxicity
Atenuar:	1%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
	Total de todos os compartimentos		kg TEG soil	$-1{,}78x10^{3}$	$6{,}79x10^{0}$	$3{,}68x10^{2}$	$4{,}40x10^{0}$	$-1{,}30x10^{2}$	$-3{,}71x10^{2}$	$-1{,}66x10^{3}$	$6{,}11x10^{-1}$
	Substâncias restantes		kg TEG soil	$-9{,}86x10^{1}$	$7{,}76x10^{-1}$	$7{,}06x10^{1}$	$6{,}74x10^{-1}$	$-1{,}52x10^{1}$	$-3{,}55x10^{1}$	$-1{,}20x10^{2}$	$7{,}15x10^{-2}$
1	Al	Ar	kg TEG soil	$-1{,}63x10^{2}$	$5{,}35x10^{-1}$	$7{,}42x10^{0}$	$1{,}64x10^{0}$	$-1{,}11x10^{1}$	$-1{,}60x10^{2}$	$-1{,}68x10^{0}$	$5{,}24x10^{-2}$
2	Al	Solo	kg TEG soil	$-9{,}28x10^{2}$	$4{,}22x10^{0}$	$3{,}07x10^{1}$	$1{,}47x10^{0}$	$-6{,}23x10^{1}$	$-7{,}96x10^{0}$	$-8{,}95x10^{2}$	$2{,}93x10^{-1}$
3	Cr	Ar	kg TEG soil	$-1{,}19x10^{2}$	$1{,}64x10^{-1}$	$6{,}52x10^{-1}$	$1{,}01x10^{-1}$	$-1{,}32x10^{0}$	$-1{,}18x10^{2}$	$-1{,}50x10^{0}$	$6{,}22x10^{-3}$
6	Zn	Ar	kg TEG soil	$-1{,}04x10^{2}$	$3{,}80x10^{-1}$	$2{,}48x10^{1}$	$1{,}63x10^{-1}$	$-6{,}18x10^{0}$	$-3{,}91x10^{1}$	$-8{,}43x10^{1}$	$2{,}91x10^{-2}$
7	Zn	Solo	kg TEG soil	$-3{,}70x10^{2}$	$7{,}21x10^{-1}$	$2{,}34x10^{1}$	$3{,}57x10^{-1}$	$-3{,}39x10^{1}$	$-1{,}14x10^{1}$	$-5{,}60x10^{2}$	$1{,}59x10^{-1}$

22. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “OCUPAÇÃO DO SOLO”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	N.º
Categoria:	Land occupation
Atenuar:	1%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
Total de todos os compartimentos			m^2org.arable	$-4{,}17x10^{0}$	$1{,}46x10^{-3}$	$9{,}90x10^{-1}$	$2{,}15x10^{-3}$	$-8{,}34x10^{-1}$	$-1{,}01x10^{-1}$	$-3{,}03x10^{0}$	$3{,}92x10^{-3}$
Substâncias restantes			m^2org.arable	$-1{,}16x10^{0}$	$1{,}28x10^{-4}$	$3{,}32x10^{-3}$	$6{,}18x10^{-4}$	$-8{,}38x10^{-2}$	$-9{,}66x10^{-3}$	$-9{,}73x10^{-3}$	$3{,}94x10^{-4}$
1	Ocupação Solo-Aterro	Matéria prima	m^2org.arable	$-3{,}91x10^{-1}$	$1{,}93x10^{-4}$	$3{,}38x10^{-3}$	$2{,}42x10^{-4}$	$-3{,}36x10^{-1}$	$-3{,}96x10^{-2}$	$-7{,}03x10^{-4}$	$1{,}58x10^{-3}$
2	Ocupação Solo-Floresta	Matéria prima	m^2org.arable	$-1{,}94x10^{0}$	$1{,}87x10^{-4}$	$4{,}72x10^{-3}$	$8{,}01x10^{-4}$	$-4{,}23x10^{-2}$	$-1{,}83x10^{-2}$	$-1{,}88x10^{0}$	$1{,}99x10^{-4}$
3	Ocupação Solo-Industrial	Matéria prima	m^2org.arable	$7{,}50x10^{-1}$	$5{,}08x10^{-4}$	$4{,}37x10^{-3}$	$2{,}44x10^{-4}$	$-1{,}59x10^{-2}$	$-1{,}39x10^{-2}$	$-1{,}73x10^{-3}$	$7{,}47x10^{-5}$
4	Ocupação Solo-Ferroviária	Matéria prima	m^2org.arable	$-1{,}22x10^{-1}$	$6{,}75x10^{-5}$	$3{,}33x10^{-2}$	$6{,}45x10^{-5}$	$-8{,}67x10^{-3}$	$-5{,}29x10^{-3}$	$-1{,}31x10^{-1}$	$4{,}07x10^{-5}$
	Ocupação Solo-Rodoviária	Matéria prima	m^2org.arable	$-5{,}97x10^{-1}$	$3{,}80x10^{-4}$	$9{,}60x10^{-1}$	$1{,}75x10^{-4}$	$-3{,}47x10^{-1}$	$-1{,}42x10^{-2}$	$-4{,}15x10^{-3}$	$1{,}63x10^{-3}$

23. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “AQUECIMENTO GLOBAL”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	N.º
Categoria:	Global warming
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
Total de todos os compartimentos			kg CO_2 eq	$-5{,}88x10^{0}$	$7{,}14x10^{-1}$	$4{,}80x10^{0}$	$5{,}64x10^{-1}$	$-5{,}04x10^{0}$	$-6{,}76x10^{0}$	$-7{,}00x10^{-1}$	$2{,}37x10^{-2}$
Substâncias restantes			kg CO_2 eq	$-7{,}57x10^{-2}$	$4{,}10x10^{-3}$	$1{,}42x10^{-2}$	$7{,}91x10^{-2}$	$-3{,}10x10^{-2}$	$-3{,}08x10^{-2}$	$-1{,}11x10^{-1}$	$1{,}46x10^{-4}$
1	CO_2 - Fóssil	Ar	kg CO_2 eq	$-5{,}82x10^{0}$	$7{,}01x10^{-1}$	$4{,}72x10^{0}$	$4{,}67x10^{-1}$	$-4{,}87x10^{0}$	$-6{,}29x10^{0}$	$-5{,}69x10^{-1}$	$2{,}29x10^{-2}$
2	CO – Fóssil	Ar	kg CO_2 eq	$-2{,}04x10^{-1}$	$4{,}06x10^{-3}$	$1{,}61x10^{-2}$	$3{,}32x10^{-4}$	$-4{,}67x10^{-2}$	$-1{,}69x10^{-1}$	$-8{,}35x10^{-3}$	$2{,}20x10^{-4}$
3	CH_4 – Biogênico	Ar	kg CO_2 eq	$5{,}39x10^{-1}$	$1{,}27x10^{-5}$	$1{,}70x10^{-4}$	$1{,}27x10^{-2}$	$-4{,}37x10^{-4}$	$-4{,}48x10^{-4}$	$-1{,}77x10^{-3}$	$2{,}05x10^{-6}$
4	CH_4 – Fóssil	Ar	kg CO_2 eq	$-3{,}21x10^{-1}$	$4{,}97x10^{-3}$	$4{,}28x10^{-2}$	$5{,}62x10^{-3}$	$-9{,}12x10^{-2}$	$-2{,}74x10^{-1}$	$-9{,}08x10^{-3}$	$4{,}29x10^{-4}$

24. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “ENERGIA NÃO RENOVÁVEL”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	N.º
Categoria:	Non-renewable energy
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	TotaIt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
	Total de todos os compartimentos		MJ primary	$-1{,}42x10^{2}$	$1{,}12x10^{1}$	$7{,}90x10^{1}$	$8{,}16x10^{0}$	$-1{,}57x10^{2}$	$-7{,}50x10^{1}$	$9{,}23x10^{0}$	$7{,}39x10^{1}$
	Substâncias restantes		MJ primary	$-5{,}13x10^{0}$	$1{,}37x10^{-1}$	$1{,}81x10^{0}$	$1{,}64x10^{0}$	$-3{,}27x10^{0}$	$-5{,}14x10^{0}$	$-3{,}22x10^{-1}$	$1{,}54x10^{-2}$
1	Carvão	Matéria prima	MJ primary	$-5{,}33x10^{1}$	$3{,}45\ 10^{-1}$	$4{,}06x10^{0}$	$6{,}32x10^{-1}$	$-6{,}99x10^{0}$	$-5{,}05x10^{+1}$	$-9{,}09x10^{-1}$	$3{,}29x10^{-2}$
2	Gas natural/m³	Matéria prima	MJ primary	$-1{,}04x10^{1}$	$5{,}37x10^{-1}$	$4{,}15x10^{0}$	$3{,}59x10^{0}$	$-9{,}79x10^{0}$	$-8{,}03x10^{0}$	$-8{,}54x10^{-1}$	$4{,}60x10^{-2}$
3	Petróleo, bruto	Matéria prima	MJ primary	$-7{,}36x10^{1}$	$1{,}01x10^{1}$	$6{,}90x10^{1}$	$2{,}29x10^{0}$	$-1{,}37x10^{2}$	$-1{,}14x10^{1}$	$-7{,}15x10^{0}$	$6{,}44x10^{-1}$

25. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “TOXICIDADE HUMANA CARCINOGÊNICA”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	N.º
Categoria:	Carcinogens
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
Total de todos os compartimentos			kg C_2H_3Cl eq	$-4{,}22x10^{-1}$	$5{,}62x10^{-3}$	$3{,}00x10^{-2}$	$1{,}95x10^{-2}$	$-7{,}62x10^{-2}$	$-3{,}45x10^{-1}$	$-5{,}72x10^{-2}$	$3{,}58x10^{-4}$
Substâncias restantes			kg C_2H_3Cl eq	$-9{,}78x10^{-3}$	$9{,}82x10^{-5}$	$1{,}87x10^{-3}$	$1{,}79x10^{-4}$	$-1{,}92x10^{-3}$	$-9{,}24x10^{-3}$	$-7{,}70x10^{-4}$	$9{,}02x10^{-6}$
1	As	Solo	kg C_2H_3Cl eq	$-1{,}56x10^{-2}$	$2{,}22x10^{-5}$	$3{,}67x10^{-4}$	$9{,}84x10^{-6}$	$-3{,}35x10^{-4}$	$-8{,}24x10^{-5}$	$-1{,}56x10^{-2}$	$1{,}58x10^{-6}$
2	C_20H_{12}	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$-2{,}35x10^{-1}$	$9{,}80x10^{-4}$	$6{,}19x10^{-3}$	$1{,}56x10^{-4}$	$-7{,}18x10^{-3}$	$-2{,}29x10^{-1}$	$-6{,}82x10^{-3}$	$3{,}38x10^{-5}$
3	Cr	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$-3{,}81x10^{-2}$	$5{,}22x10^{-5}$	$2{,}08x10^{-4}$	$3{,}22x10^{-5}$	$-4{,}22x10^{-4}$	$-3{,}75x10^{-2}$	$-4{,}79x10^{-4}$	$1{,}96x10^{-6}$
4	$C_{12}H_4Cl_4O_2$	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$-5{,}26x10^{-2}$	$1{,}88x10^{-4}$	$1{,}45x10^{-3}$	$1{,}18x10^{-4}$	$-2{,}00x10^{-3}$	$-3{,}73x10^{-2}$	$-1{,}51x10^{-2}$	$9{,}42x10^{-6}$
5	HC	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$-3{,}28x10^{-2}$	$1{,}17x10^{-3}$	$1{,}24x10^{-2}$	$1{,}87x10^{-2}$	$-4{,}31x10^{-2}$	$-1{,}69x10^{-2}$	$-5{,}18x10^{-3}$	$2{,}03x10^{-4}$
6	HC	Água	kg C_2H_3Cl eq	$-5{,}94x10^{-3}$	$8{,}60x10^{-4}$	$5{,}83x10^{-3}$	$1{,}95x10^{-4}$	$-1{,}13x10^{-2}$	$-9{,}55x10^{-4}$	$-5{,}99x10^{-4}$	$5{,}32x10^{-5}$
7	HPA	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$-3{,}23x10^{-2}$	$2{,}25x10^{-3}$	$1{,}68x10^{-3}$	$1{,}50x10^{-4}$	$-9{,}91x10^{-3}$	$-1{,}38x10^{-2}$	$-1{,}27x10^{-2}$	$4{,}66x10^{-5}$

26. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “TOXICIDADE HUMANA NÃO CARCINOGÊNICAS”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	N.º
Categoria:	Non-carcinogens
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod.Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
Total de todos os compartimentos			kg C_2H_3Cl eq	$-8{,}21x10^{-1}$	$3{,}06x10^{-3}$	$9{,}78x10^{-2}$	$3{,}86x10^{-3}$	$-5{,}21x10^{-2}$	$-2{,}89x10^{-1}$	$-5{,}85x10^{-1}$	$2{,}45x10^{-4}$
Substâncias restantes			kg C_2H_3Cl eq	$-1{,}45x10^{-2}$	$7{,}70x10^{-4}$	$6{,}96x10^{-3}$	$1{,}20x10^{-3}$	$-1{,}07x10^{-2}$	$-9{,}93x10^{-3}$	$-2{,}88x10^{-3}$	$5{,}02x10^{-5}$
1	Ar	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$-3{,}67x10^{-2}$	$1{,}87x10^{-4}$	$4{,}87x10^{-3}$	$4{,}28x10^{-4}$	$-5{,}15x10^{-3}$	$-3{,}29x10^{-2}$	$-4{,}18x10^{-3}$	$2{,}42x10^{-5}$
2	Ar	Água	kg C_2H_3Cl eq	$-4{,}38x10^{-2}$	$7{,}04x10^{-4}$	$1{,}23x10^{-2}$	$1{,}37x10^{-3}$	$-1{,}29x10^{-2}$	$-4{,}33x10^{-2}$	$-203x10^{-3}$	$6{,}06x10^{-5}$
3	Ar	Solo	kg C_2H_3Cl eq	$-1{,}63x10^{-1}$	$2{,}31x10^{-4}$	$3{,}82x10^{-3}$	$1{,}02x10^{-4}$	$-3{,}49x10^{-3}$	$-8{,}57x10^{-4}$	$-1{,}62x10^{-1}$	$1{,}64x10^{-5}$
4	Ca	Solo	kg C_2H_3Cl eq	$-8{,}72x10^{-3}$	$3{,}46x10^{-5}$	$2{,}73x10^{-4}$	$1{,}19x10^{-5}$	$-3{,}79x10^{-4}$	$-6{,}75x10^{-3}$	$-1{,}92x10^{-3}$	$1{,}78x10^{-6}$
5	C_6H_6	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$-1{,}44x10^{-2}$	$9{,}75x10^{-7}$	$1{,}38x10^{-4}$	$3{,}03x10^{-6}$	$-4{,}92x10^{-5}$	$-4{,}55x10^{-5}$	$-1{,}44x10^{-2}$	$2{,}31x10^{-7}$
6	$C_{12}H_4Cl_4O_2$	Ar	kg C_2H_3Cl eq	$-2{,}66x10^{-1}$	$9{,}50x10^{-4}$	$7{,}31x10^{-3}$	$5{,}95x10^{-4}$	$-1{,}01x10^{-2}$	$-1{,}88x10^{-1}$	$-7{,}61x10^{-2}$	$4{,}76x10^{-5}$
7	Zn	Solo	kg C_2H_3Cl eq	$-2{,}65x10^{-1}$	$1{,}00x10^{-4}$	$2{,}97x10^{-2}$	$8{,}92x10^{-5}$	$-4{,}75x10^{-3}$	$-2{,}04x10^{-3}$	$-2{,}88x10^{-1}$	$2{,}23x10^{-5}$

27. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “DEPLEÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	N.º
Categoria:	Ozone layer depletion
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
Total de todos os compartimentos			kg CFC-11 eq	$-1{,}24x10^{-6}$	$1{,}30x10^{-7}$	$8{,}90x10^{-7}$	$5{,}09x10^{-8}$	$-1{,}72x10^{-6}$	$-3{,}44x10^{-7}$	$-2{,}62x10^{-7}$	$8{,}07x10^{-9}$
Substâncias restantes			kg CFC-11 eq	$-9{,}06x10^{-9}$	$1{,}08x10^{-10}$	$1{,}96x10^{-9}$	$4{,}76x10^{-11}$	$-2{,}31x10^{-9}$	$-5{,}31x10^{-9}$	$-3{,}56x10^{-9}$	$1{,}09x10^{-11}$
1	CFC-114	Ar	kg CFC-11 eq	$-1{,}45x10^{-8}$	$6{,}23x10^{-10}$	$8{,}40x10^{-9}$	$8{,}41x10^{-9}$	$-1{,}24x10^{-8}$	$-1{,}83x10^{-8}$	$-1{,}37x10^{-9}$	$5{,}80x10^{-11}$
2	Halon 1211	Ar	kg CFC-11 eq	$-3{,}28x10^{-8}$	$1{,}03x10^{-9}$	$7{,}48x10^{-9}$	$2{,}71x10^{-9}$	$-1{,}24x10^{-8}$	$-3{,}00x10^{-8}$	$-2{,}09x10^{-9}$	$5{,}81x10^{-1}$
3	Halon 1301	Ar	kg CFC-11 eq	$-8{,}86x10^{-7}$	$1{,}28x10^{-7}$	$8{,}68x10^{-7}$	$3{,}95x10^{-8}$	$-1{,}69x10^{-6}$	$-1{,}54x10^{-7}$	$-9{,}00x10^{-8}$	$7{,}92x10^{-2}$
4	HCFC-22	Ar	kg CFC-11 eq	$-1{,}37x10^{-7}$	$4{,}88x10^{-10}$	$3{,}79x10^{-9}$	$1{,}60x10^{-10}$	$-3{,}93x10^{-9}$	$-1{,}36x10^{-7}$	$-1{,}15x10^{-9}$	$1{,}85x10^{-11}$

28. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “RESPIRÁVEIS ORGÂNICOS”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	N.º
Categoria:	Respiratory organics
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
Total de todos os compartimentos			kg C_2H_4 eq	$-8{,}96\times10^{-3}$	$7{,}73\times10^{-4}$	$2{,}88\times10^{-3}$	$9{,}03\times10^{-5}$	$-5{,}01\times10^{-3}$	$-6{,}64\times10^{-3}$	$-1{,}76\times10^{-3}$	$2{,}35\times10^{-5}$
Substâncias restantes			kg C_2H_4 eq	$-3{,}71\times10^{-4}$	$2{,}36\times10^{-5}$	$2{,}73\times10^{-4}$	$2{,}02\times10^{-5}$	$-3{,}63\times10^{-4}$	$-1{,}27\times10^{-4}$	$-1{,}99\times10^{-4}$	$1{,}71\times10^{-6}$
1	Benzeno	Ar	kg C_2H_4 eq	$-2{,}58\times10^{-4}$	$1{,}02\times10^{-6}$	$8{,}08\times10^{-6}$	$3{,}53\times10^{-7}$	$-1{,}12\times10^{-5}$	$-2{,}00\times10^{-4}$	$-5{,}69\times10^{-5}$	$5{,}28\times10^{-8}$
2	COVNM	Ar	kg C_2H_4 eq	$-8{,}64\times10^{-3}$	$7{,}47\times10^{-4}$	$2{,}58\times10^{-3}$	$6{,}82\times10^{-5}$	$-4{,}60\times10^{-3}$	$-6{,}15\times10^{-3}$	$-1{,}30\times10^{-3}$	$2{,}16\times10^{-5}$
3	COV	Ar	kg C_2H_4 eq	$6{,}77\times10^{-4}$	$6{,}57\times10^{-16}$	$3{,}55\times10^{-14}$	$4{,}48\times10^{-17}$	$-9{,}49\times10^{-15}$	$-3{,}50\times10^{-15}$	$-2{,}12\times10^{-15}$	$4{,}46\times10^{-17}$

29. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “ECOTOXICOLOGIA AQUÁTICA”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	N.º
Categoria:	Aquatic ecotoxicity
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	,30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod.Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
	Total de todos os compartimentos		kg TEG water	$-5{,}32\times10^{3}$	$2{,}82\times10^{1}$	$4{,}62\times10^{2}$	$2{,}41\times10^{1}$	$-4{,}42\times10^{2}$	$-8{,}75\times10^{2}$	$-4{,}52\times10^{3}$	$2{,}08\times10^{0}$
	Substâncias restantes		kg TEG water	$-1{,}42\times10^{2}$	$6{,}41\times10^{0}$	$2{,}16\times10^{2}$	$1{,}07\times10^{1}$	$-9{,}85\times10^{1}$	$-2{,}10\times10^{2}$	$-6{,}75\times10^{1}$	$4{,}63\times10^{-1}$
1	Al	Ar	kg TEG water	$-6{,}35\times10^{2}$	$2{,}09\times10^{0}$	$2{,}89\times10^{1}$	$6{,}40\times10^{0}$	$-4{,}35\times10^{1}$	$-6{,}23\times10^{2}$	$-6{,}57\times10^{0}$	$2{,}04\times10^{-1}$
2	Al	Solo	kg TEG water	$-4{,}28\times10^{3}$	$1{,}95\times10^{1}$	$1{,}42\times10^{2}$	$6{,}77\times10^{0}$	$-2{,}87\times10^{2}$	$-3{,}67\times10^{1}$	$-4{,}13\times10^{3}$	$1{,}35\times10^{0}$
3	Cr	Solo	kg TEG water	$-1{,}75\times10^{2}$	$1{,}08\times10^{-1}$	$2{,}02\times10^{1}$	$1{,}26\times10^{-1}$	$-4{,}33\times10^{0}$	$-2{,}96\times10^{0}$	$-1{,}88\times10^{2}$	$2{,}03\times10^{-2}$
4	Zn	Solo	kg TEG water	$-8{,}73\times10^{1}$	$1{,}70\times10^{-1}$	$5{,}53\times10^{1}$	$8{,}42\times10^{-2}$	$-8{,}01\times10^{0}$	$-2{,}68\times10^{0}$	$-1{,}32\times10^{2}$	$3{,}76\times10^{-2}$

30. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “ACIDIFICAÇÃO TERRESTRE”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	N.º
Categoria:	Terrestrial acid/nutri
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
	Total de todos os compartimentos		kg SO_2 eq	$-1{,}35x10^{-1}$	$4{,}76x10^{-2}$	$1{,}87x10^{-1}$	$7{,}25x10^{-3}$	$-2{,}49x10^{-1}$	$-1{,}18x10^{-1}$	$-2{,}08x10^{-1}$	$1{,}17x10^{-3}$
	Substâncias restantes		kg SO_2 eq	$4{,}76x10^{-3}$	$4{,}79x10^{-10}$	$2{,}82x10^{-9}$	$1{,}27x10^{-10}$	$-5{,}82x10^{-9}$	$-1{,}12x10^{-8}$	$-2{,}18x10^{-9}$	$2{,}73x10^{-11}$
1	NH3	Ar	kg SO_2 eq	$-8{,}05x10^{-2}$	$1{,}36x10^{-4}$	$1{,}41x10^{-3}$	$3{,}42x10^{-4}$	$-2{,}48x10^{-3}$	$-9{,}08x10^{-3}$	$-7{,}09x10^{-2}$	$1{,}16x10^{-5}$
2	NO2	Ar	kg SO_2 eq	$1{,}92x10^{-1}$	0	0	0	0	0	0	0
3	NO	Ar	kg SO_2 eq	$-2{,}29x10^{-1}$	$4{,}64x10^{-2}$	$1{,}79x10^{-1}$	$5{,}14x10^{-3}$	$-2{,}33x10^{-1}$	$-8{,}95x10^{-2}$	$-1{,}35x10^{-1}$	$10{,}9x10^{-3}$
4	SO2	Ar	kg SO_2 eq	$-2{,}54x10^{-2}$	$1{,}02x10^{-3}$	$6{,}98x10^{-3}$	$1{,}77x10^{-3}$	$-1{,}40x10^{-2}$	$-1{,}95x10^{-2}$	$-1{,}72x10^{-3}$	$6{,}60x10^{-5}$

31. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “ACIDIFICAÇÃO AQUÁTICA”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	N.º
Categoria:	Aquatic acidification
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod.Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
	Total de todos os compartimentos		kg SO_2 eq	$-3{,}60x10^{-2}$	$6{,}97x10^{-3}$	$3{,}01x10^{-2}$	$2{,}50x10^{-3}$	$-4{,}43x10^{-2}$	$-3{,}28x10^{-2}$	$-2{,}79x10^{-2}$	$2{,}08x10^{-4}$
	Substâncias restantes		kg SO_2 eq	$-8{,}80x10^{-4}$	$9{,}18x10^{-6}$	$1{,}40x10^{-4}$	$3{,}60x10^{-5}$	$-2{,}29x10^{-4}$	$-7{,}33x10^{-4}$	$-1{,}04x10^{-4}$	$1{,}07x10^{-6}$
1	NH_3	Ar	kg SO_2 eq	$-1{,}01x10^{-2}$	$1{,}71x10^{-5}$	$1{,}77x10^{-4}$	$4{,}30x10^{-5}$	$-3{,}11x10^{-4}$	$-1{,}14x10^{-3}$	$-8{,}91x10^{-3}$	$1{,}46x10^{-6}$
2	NOx	Ar	kg SO_2 eq	$-2{,}88x10^{-2}$	$5{,}92x10^{-3}$	$2{,}28x10^{-2}$	$6{,}56x10^{-4}$	$-2{,}97x10^{-2}$	$-1{,}14x10^{-2}$	$-1{,}72x10^{-2}$	$1{,}40x10^{-4}$
3	SO_2	Ar	kg SO_2 eq	$-2{,}54x10^{-2}$	$1{,}02x10^{-3}$	$6{,}98x10^{-3}$	$1{,}77x10^{-3}$	$-1{,}40x10^{-2}$	$-1{,}95x10^{-2}$	$-1{,}72x10^{-3}$	$6{,}60x10^{-5}$

32. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “EUTROFIZAÇÃO AQUÁTICA”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	N.º
Categoria:	Aquatic eutrophication
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod.Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
	Total de todos os compartimentos		kg PO4 P-lim	$-8,66x10^{-3}$	$6,58x10^{-5}$	$5,55x10^{-4}$	$6,68x10^{-5}$	$-9,51x10^{-4}$	$-6,36x10^{-3}$	$-2,04x10^{-3}$	$4,47x10^{-6}$
	Substâncias restantes		kg PO4 P-lim	$-6,32x10^{-4}$	$4,86x10^{-5}$	$3,34x10^{-4}$	$1,18x10^{-5}$	$-6,58x10^{-4}$	$-8,15x10^{-5}$	$-2,90x10^{-4}$	$3,09x10^{-6}$
1	Fosfato	Água	kg PO4 P-lim	$-6,32x10^{-3}$	$1,63x10^{-5}$	$2,13x10^{-4}$	$5,45x10^{-5}$	$-2,79x10^{-4}$	$-6,27x10^{-3}$	$-5,61x10^{-5}$	$1,31x10^{-6}$
2	Fósforo	Solo	kg PO4 P-lim	$-1,71x10^{-3}$	$9,07x10^{-7}$	$6,84x10^{-6}$	$5,98x10^{-7}$	$-1,37x10^{-5}$	$-5,58x10^{-6}$	$-1,70x10^{-3}$	$6,42x10^{-8}$

33. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “EXTRAÇÃO MINERAL”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	N.º
Categoria:	Mineral extraction
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod. Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
	Total de todos os compartimentos		MJ surplus	$-3{,}95x10^{0}$	$6{,}77x10^{-3}$	$7{,}31x10^{-2}$	$3{,}56x10^{-3}$	$-8{,}28x10^{-2}$	$-3{,}92x10^{0}$	$-3{,}21x10^{-2}$	$3{,}89x10^{-4}$
	Substâncias restantes		MJ surplus	$-4{,}61x10^{-1}$	$1{,}50x10^{-3}$	$4{,}28x10^{-2}$	$1{,}27x10^{-3}$	$-3{,}36x10^{-2}$	$-4{,}65x10^{-1}$	$-7{,}85x10^{-3}$	$1{,}58x10^{-4}$
1	Cobre, 0.52% sulfeto, Cu 0.27% e Mo 8.2E-3% minério		MJ surplus	$-4{,}02x10^{-1}$	$6{,}38x10^{-4}$	$7{,}85x10^{-3}$	$3{,}27x10^{-4}$	$-9{,}60x10^{-3}$	$-3{,}99x10^{-1}$	$-2{,}26x10^{-3}$	$4{,}51x10^{-5}$
2	Cobre, 0.59% sulfeto, Cu 0.22% e Mo 8.2E-3% minério		MJ surplus	$-4{,}91x10^{-1}$	$6{,}94x10^{-4}$	$5{,}13x10^{-3}$	$2{,}34x10^{-4}$	$-7{,}63x10^{-3}$	$-4{,}87x10^{-1}$	$-2{,}22x10^{-3}$	$3{,}58x10^{-5}$
3	Cobre, 0.97% sulfeto, Cu 0.36% e Mo 4.1E-2% minério		MJ surplus	$-3{,}10x10^{-1}$	$4{,}03x10^{-4}$	$1{,}35x10^{-3}$	$7{,}86x10^{-5}$	$-3{,}09x10^{-3}$	$-3{,}07x10^{-1}$	$-1{,}18x10^{-3}$	$1{,}45x10^{-5}$
4	Cobre 1.18% sulfeto, Cu 0.39% e Mo 8.2E-3% minério		MJ surplus	$-2{,}91x10^{-1}$	$4{,}18x10^{-4}$	$3{,}39x10^{-3}$	$1{,}52x10^{-4}$	$-4{,}85x10^{-3}$	$-2{,}89x10^{-1}$	$-1{,}36x10^{-3}$	$2{,}28x10^{-5}$
5	Niquell, 1.98% isilicato, 1.04% petroleo bruto		MJ surplus	$-2{,}00x10^{0}$	$3{,}11x10^{-3}$	$1{,}25x10^{-1}$	$1{,}50x10^{-3}$	$-2{,}41x10^{-2}$	$-1{,}97x10^{0}$	$-1{,}72x10^{-1}$	$1{,}13x10^{-1}$

34. RESULTADOS PARA CATEGORIA DE IMPACTOS “RADIAÇÃO IÔNICA”

Calculation:	Analisar
Results:	Inventário
Product:	1 ton AGREGADO RECICLADO (of project AGREGADO_RECICLADO_FINAL)
Método:	IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+
Indicador:	Caracterização
Compartimento:	Todos os compartimentos
Per sub-compartment:	N.º
Ignorar não utilizados:	N.º
Categoria:	Ionizing radiation
Atenuar:	1.00%
Excluir processos de infra-estrutura:	N.º
Excluir emissões de longo prazo:	N.º
Sorted on item:	Substância
Sort order:	Ascendente
Distancia	30 km

N.º	Substância	Compartimento	Unidade	Totalt	T. Fabril	T. Distribuição	Britagem	Disposição Inerte (Evitado)	Prod.Aço (Evitado)	Prod. Calor (Evitado)	Aterro Sanitário
	Total de todos os compartimentos		Bq C-14 eq	$-4{,}42x10^{-1}$	$4{,}84\ x10^{0}$	$3{,}64\ x10^{1}$	$7{,}05x10^{0}$	$-6{,}75x10^{1}$	$-2{,}12x10^{1}$	$-4{,}20x10^{0}$	$3{,}17x10^{-1}$
	Substâncias restantes		Bq C-14 eq	$-4{,}77x10^{-1}$	$1{,}52x10^{-2}$	$1{,}90\ x10^{-1}$	$1{,}25x10^{-1}$	$-3{,}04x10^{-1}$	$-4{,}72x10^{-1}$	$-3{,}36x10^{-2}$	$1{,}43x10^{-3}$
1	Carbono 14	Ar	Bq C-14 eq	$-3{,}51x10^{1}$	$4{,}48x10^{0}$	$3{,}16\ x10^{1}$	$2{,}58x10^{0}$	$-6{,}03x10^{+1}$	$-1{,}04x10^{1}$	$-3{,}41x10^{0}$	$2{,}83x10^{-1}$
2	Radon 222	Ar	Bq C-14 eq	$-8{,}61x10^{0}$	$3{,}45x10^{-1}$	$4{,}62\ x10^{0}$	$4{,}34x10^{0}$	$-6{,}87x10^{0}$	$-1{,}03x10^{1}$	$-7{,}63x10^{-1}$	$3{,}23x10^{-2}$